

Aus der Universitäts-Strahlenklinik Marburg/Lahn

Direktor: Prof. Dr. med. R. du Mesnil de Rochemont

Ein Vergleich verschiedener postoperativer Bestrahlungsmethoden beim Mammakarzinom

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung des Doktorgrades der gesamten Medizin
der hohen Medizinischen Fakultät
der Philipps-Universität Marburg

vorgelegt von

Gerd Hinderthür
aus Berlin

Marburg 1968

Fotodruck: Erich Mauersberger, Marburg

Ein Vergleich verschiedener postoperativer Bestrahlungsmethoden beim Mammakarzinom



Inaugural-Dissertation
zur Erlangung des Doktorgrades der gesamten Medizin
der hohen Medizinischen Fakultät
der Philipps-Universität Marburg

vorgelegt von

Gerd Hinderthür

aus Berlin

Marburg 1968



Angenommen von der Medizinischen Fakultät
der Universität Marburg am 12. 8. 1968

gedruckt mit Genehmigung der Fakultät

Dekan: Prof. Dr. med. R. SIEGERT

Referent: Prof. Dr. med. R. du Mesnil de ROCHEMONT

Correferent: Prof. Dr. med. F. HESS

Inhalt

	Seite
A. Einleitung	1
B. Die Pathologie und Klinik des Mammakarzinoms	2
C. Die chirurgische Therapie	8
D. Die Zielsetzung der Strahlentherapie	9
E. Die Kombination von Operation und Bestrahlung	11
Historisches	13
Methodisches	14
F. Besprechung der verschiedenen Bestrahlungsmethoden	15
I. Konventionelle Stehfelderbestrahlung nach HOLFELDER	15
"Marburger Methode" der Mamma-Ca-Bestrahlung	24
II. Konventionelle Bestrahlungsmethode nach HELLRIEGEL	25
III. Konventionelle Bestrahlungsmethode nach EICHHORN	29
IV. Konventionelle Stehfelderbestrahlungsmethode nach Mc WHIRTER	33
V. Konventionelle Röntgen-Pendelbestrahlung nach ROBMANN	37
VI. Co ⁶⁰ -Stehfeldbestrahlung (Feldeinstellungen nach HOLFELDER	40
VII. Co ⁶⁰ - Stehfeldbestrahlung (Feldeinstellung nach Mc WHIRTER	46
VIII. Co ⁶⁰ - Pendelbestrahlung nach BECKER und KUTTIG	49
IX. Pendelbestrahlung mit Co ⁶⁰ - Strahlung nach FRISCHBIER und KUTTIG	54
G. Zusammenfassung	59
H. Literatur	62



Digitized by the Internet Archive
in 2026

A. Einleitung

In den letzten Jahrzehnten hat die radiologische Behandlung des Mammakarzinoms eine große Ausweitung erfahren. Viele neue therapeutische Methoden sind ausgearbeitet worden. Durch den Bau neuer leistungsfähiger Bestrahlungseinheiten haben sich die Möglichkeiten der Anwendung dieser Methoden verbessert und vervielfacht. Ein Vergleich dieser Methoden erscheint daher sinnvoll, um die für die gewünschte Wirkung erforderliche Dosisverteilung festzustellen.

Bevor die einzelnen Bestrahlungsverfahren besprochen werden sollen, ist es notwendig, einige Ausführungen zu den pathologisch-anatomischen Gegebenheiten und zu der chirurgischen Therapie des Mamma-Ca voranzustellen.

Eine Strahlenbehandlung kann nur dann Aussicht auf Erfolg haben, wenn dabei die pathologisch-anatomischen Gegebenheiten des Ausbreitungsweges des Mammakarzinoms berücksichtigt werden. Außerdem schließt die Strahlenbehandlung andere Behandlungsmethoden nicht aus, sondern muß im Rahmen einer Gesamttherapie mit der chirurgischen Behandlung kombiniert werden.

B. Die Pathologie und Klinik des Mammakarzinoms

Das Mammakarzinom ist die häufigste Krebsbildung bei der Frau. Sein Anteil an sämtlichen Krebsen des weiblichen Geschlechtes wird mit 10% bis 12% angegeben (K.H.BAUER³). Nach W.CEELEN⁸ liegt das Durchschnittsalter der Patientinnen mit Brustkrebs etwa beim 50. Lebensjahr (Abb. 1).

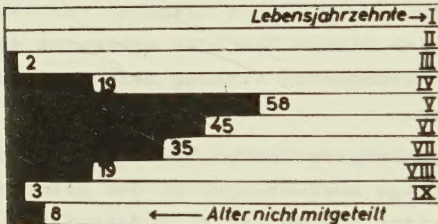


Abb. 1
Auftreten des
Mamma-Ca
aus: W.CEELEN⁸

BERENDES⁵ und RAUSCHER haben in ihren Arbeiten die malignen Geschwulstkrankheiten des Krankengutes der Marburger Strahlenklinik und der Chirurgischen Klinik aus den Jahren 1950 - 1959 zusammengestellt. Von 6786 Fällen hatte das Mamma-karzinom einen Anteil von 15,1% (Lunge und Bronchien 11,5%; Uterus 11,6%; Magen 7,2%; Haut 7,1%; Rectum 5,2%; Knochen und Weichteile 3,2% usw.). Von 1026 Patienten waren 8 männlichen Geschlechts, so daß das Mammakarzinom danach bei Frauen 124 mal häufiger auftritt als bei Männern. Histologisch wurden 1021 Karzinome und 5 Sarkome ermittelt.

An den bösartigen Geschwülsten der Frau hatte das Mamma-Ca einen Anteil von 29% (Genitalorgane 26,6%; Haut 7,1%; Rectum 4,64%; Magen 4,58% usw.). Das Mamma-Ca fällt in die Altersgruppe von 25 - 90 Jahren. Der prozentuale Anteil der Erkrankten steigt vom 40.-60. Lebensjahr steiler an und erreicht auch dort seinen höchsten Wert mit 16,16%. Der Medianwert des Erkrankungsalters liegt nach den Marburger Untersuchungen mit 54,8 Jahren nur geringfügig unter dem Ca des Corpus uteri.

Histologisch finden sich sehr verschiedene Krebsformen des Platten- und Zylinderepithels. Das relativ seltene Adenokarzinom geht von den Tubuli aus und wächst meist langsam. Am häufigsten begegnet man dem Carcinoma simplex mit seinen entdifferenzierten, kleinen rundlichen oder großen polygonalen Epithelzellen; es tritt als medulläre, scirrhöse und intracanalikuläre Form auf. Das Plattenepithel-Karzinom entsteht durch Metaplasie in den großen Milchgängen. Als Sonderformen sind das Paget-Ca, das Gallert-Ca und das Erysipelas carcinomatosum anzusehen (OESER²³).

Prognostische Bedeutung hat der Malignitätsgrad eines Mammakarzinoms, der sich aus biologischen und histologischen Kriterien ableitet. Zu seiner Bestimmung werden Besonderheiten der Kernstrukturen, die Mitosezahl, der Grad der Zelldifferenzierung, das Ausmaß der Bildung von Tubuli und das Verhalten der peripheren Wachstumszone sowie Rundzellinfiltrate und reaktive Zellveränderungen des umgebenden Gewebes berücksichtigt (BLOOM, TOPOL und BERGSTEINOVA. In: STENDER²⁹). Aus einer Zusammenstellung von BLOOM (Tabelle 1) geht hervor,

Malignitäts- grad	Ausbreitungsstadium			
	I %	II %	III %	IV %
1.	85	71	68	27
2.	70	44	30	5
3.	69	26	19	6

Tabelle 1: 5-Jahres-Überlebensrate bei verschiedenen klinischen Stadien (Manchestereinteilung) und Malignitätsgraden (histologische Kriterien) von 1393 Kranken mit Brustkrebs (nach BLOOM 1965. In: STENDER²⁹)

daß die 5-Jahres-Überlebensrate nicht nur vom Stadium der Ausbreitung des Tumors (s.u.), sondern auch wesentlich vom Malignitätsgrad abhängt. Im Stadium III kann die Prognose z.B. aufgrund des Malignitätsgrades um 340% variieren.

Klinisch kann man eine schrumpfende Form von einer produktiven unterscheiden. Bei der produktiven Form, bei der es

sich meist um ein Adeno-Ca handelt, ist die erkrankte Mamma deutlich vergrößert, schwerer, und die Mamille steht tiefer. Bei der schrumpfenden Form, meist einem scirrhösen Ca, ist die erkrankte Mamma verkleinert, die Mamille steht hoch oder ist eingezogen.

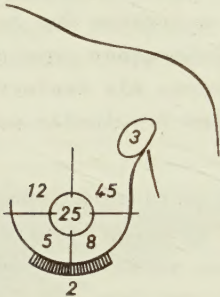


Abb.2

Verteilung des Primär-Tu.

Aus: OESER²³: Strahlenbehandlung der Geschwülste

Wichtig für die Gesamtbeurteilung des Mamma-Ca ist die Lokalisation des Primärtumors in der Mamma (Abb.2). Nach dieser Lokalisation richtet sich nämlich die lymphogene Ausbreitung der Krebszellen. Fast die Hälfte aller Karzinome ist im oberen äußeren Quadranten einschließlich des axillären Ausläufers lokalisiert. Ein weiteres Viertel der Karzinome nimmt seinen Ausgang von der Mamille einschließlich Warzenhof. Selten sind retromamilläre Krebse und solche an der unteren Umschlagfalte der Mamma. Das doppelseitige Mamma-Ca wird heute in den meisten Fällen als Metastase aufgefaßt, nachdem erwiesen ist, daß Lymphverbindungen zwischen beiden Mammae bestehen. Außerdem tritt die Erkrankung in der zweiten Mamma erst einige Jahre nach dem Befall der ersten Mamma auf.

Da eines der Hauptkennzeichen eines bösartigen Tumors die Metastasierung, das heißt, die Abwanderung und Neuansiedlung von Tumorzellen ist und diese Abwanderung zunächst hauptsächlich lymphogen erfolgt, ist die Kenntnis und Berücksichtigung der Lymphgebiete, die mit der Mamma in Verbindung stehen, äußerst wichtig (Abb.3).

Das Lymphgefäßsystem der Brustdrüse kann in ein Hautgeflecht und in ein Drüsengeflecht unterteilt werden, die beide zahlreiche Verbindungen haben (CEELEN⁸, OESER²³).

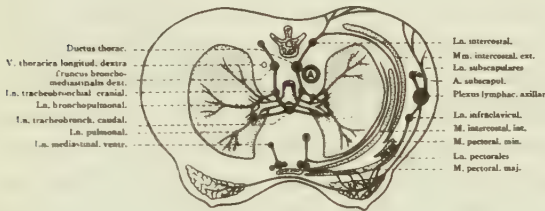


Abb. 3

Lymphabfluß der Mamma. Aus OESER²³

Das Hautgeflecht steht auch mit den Lymphgefäßen benachbarter Hautbereiche in Verbindung. Die Lymphgefäße des Drüsengeflechtes beginnen ihren Verlauf sinusartig in den interlobulären Bindegewebsräumen und bilden längs der Milchgänge des Plexus subareolaris.

Die abführenden Lymphbahnen gelangen hauptsächlich in drei Gebiete: 1. Axillargegend, 2. tiefe Brustmuskulatur, 3. Intercostal- und Sternalgegend (ROBMAN²⁷). Die axillären Lymphknoten erhalten ihren Zustrom aus den lateralen und kranialen Anteilen der Mamma, wobei die Lymphbahnen in zwei bis drei großen Strängen am lateralen Rande des M. pectoralis maior die Axilla erreichen. Von den medialen Mammaanteilen ziehen die Lymphbahnen durch die tiefe Brustmuskulatur und die Intercostalmuskulatur, um die parasternalen Lymphknoten zu erreichen, die ihrerseits mit den infraclaviculären, aber auch den mediastinalen und pleuralen Lymphknoten in Verbindung stehen. Von den medialen Mammaanteilen gelangen Tumorzellen also schneller und direkter in die Thoraxwand und in den Thoraxinnenraum, als das von den lateralen Mammaanteilen her möglich

ist. Ein Befall der anderen Mamma oder ein direkter Befall der Axilla der gesunden Seite wird ermöglicht durch Bahnen, die von der kranken Mamma direkt dorthin ziehen. Während es mit Sicherheit über das Hautgeflecht eine direkte Verbindung von der Mamma zu supraclaviculären Drüsen und damit einen frühen Befall der Supraclaviculargrube gibt, spricht ihr Befall doch meist für ein fortgeschrittenes Stadium, da sie hauptsächlich erst sekundär über andere Lymphknotengebiete erreicht wird. Ihr Befall ist demnach ein Zeichen dafür, daß der erste Lymphknotenwall durchbrochen ist und mit einem Einbruch in die Blutbahn gerechnet werden muß. Einmal wird die Supraclaviculargrube von der Axilla her erreicht entlang der Gefäß- und Nervenbahn des Armes. In der Tiefe des Trigonum deltoideo-claviculo-pectorale findet sich eine Lymphknoten-kette. Zum anderen wird die Supraclaviculargrube über die mediastinalen und pleuralen Lymphknoten erreicht. Ein Einbruch in die Blutbahn erfolgt bei medialem Sitz des Primärtumors früher als bei lateralem, da die großen Lymphstämme (Ductus thoracicus) früher erreicht sind.

Die weitere Ausbreitung des Mamma-Ca läßt zwei Typen erkennen (OESER²³). Je nach dem Sitz der Metastasen spricht man von Skeletttyp oder Organtyp. Eine Begründung hierfür fehlt bisher.

Für die Beurteilung und Therapie des Mamma-Ca haben sich die Stadieneinteilungen nach STEINTHAL - ANSCHÜTZ (DIETHELM⁹) und anderen bewährt. Es muß aber betont werden, daß die Übergänge natürlich fließend sind und klinisch eine sichere Zuordnung oft nicht möglich ist.

Tabelle 2 In: STENDER²⁹

Schema der verschiedenen Stadieneinteilungen

Stadium I

- a) nach ICPR: Tumor mit der Haut nicht oder nicht voll fixiert, mit dem Brustmuskel nicht oder nicht voll fixiert, die Brustwarze gegebenenfalls retrahiert,

axilläre Knoten nicht palpabel. T_1 Na, T_2 Na.

- b) nach HAAGENSEN: Tumor ohne Hautödem, Ulceration oder volle Fixation an der Brustwand. Achsellymphknoten klinisch nicht befallen.
- c) nach STEINTHAL: Lokalisierter Tumor, keine Metastasen.

Stadium II

- a) nach ICPR: Primärtumor wie in Stadium I, bewegliche axilläre Knoten palpabel. T_1 Nb, T_2 Nb.
- b) nach HAAGENSEN: Tumor wie bei I. Klinisch Einschluß der Achsellymphknoten, deren Durchmesser nicht größer als 2,5 cm ist und die nicht an der Haut oder an den tiefen Strukturen der Achselhöhle fixiert sind.
- c) nach STEINTHAL: Lokalisierter Tumor mit Haut und Pectoralis verwachsen, regionale Lymphknoten-Metastasen.

Stadium III

- a) nach ICPR: Vollständige Fixation des Tumors mit der Haut oder mit dem Muskel oder axilläre Knoten fixiert. T_1 Nc, T_2 Nc, T_3 Na b c.
- b) nach HAAGENSEN: Brusttumor oder Achsellymphknotenbefund mit einem der folgenden Zeichen, die für fortgeschrittenen Prozeß sprechen:
 - 1. Ödem der Haut, das weniger als 1/3 der Brusthaut umfaßt.
 - 2. Hautulceration.
 - 3. Solide Fixation des Tumors an der Brustwand.
 - 4. Massive Beteiligung der Achsellymphknoten, die einen Durchmesser größer als 2,5 cm haben.
 - 5. Fixation der Achsellymphknoten an der Haut oder in der tiefen Achselhöhle.
- c) nach STEINTHAL: Große Tumoren, supraclaviculare Lymphknoten-Metastasen.

Stadium IV

- a) nach ICPR: Involution der Haut über den Bereich des Tumors hinaus oder verstreute Hautknoten oder vollständige Fixation mit dem Brustkorb oder Fernmetastasen

vorhanden, wobei supraclaviculare Knoten als Fernmetastasen gelten.

T₁ M, T₂ M, T₄ Na b c.

b) nach HAAGENSEN: Alle Patienten mit fortgeschrittenen Brusttumoren einschließlich:

1. Kombination von zwei oder mehr der unter C aufgeführten fünf schweren Zeichen.
2. Ausgedehntes Hautödem, das mehr als 1/3 der Brustwand umfaßt.
3. Hautmetastasen.
4. Carcinom vom "inflammatorischen Typ".
5. Supraclaviculare Metastasen (klinisch faßbar).
6. Parasternale Metastasen (klinisch faßbar).
7. Armödem.
8. Fernmetastasen

c) nach STEINTHAL: Fernmetastasen.

Erklärung der Symbole:

T = Tumor, N = Lymphknoten, M = Metastase.

C. Die chirurgische Therapie

Die Stadien I und II des Mamma-Ca sind operabel; die Karzinome der Gruppe III dagegen inoperabel. Die klassische Behandlung des operablen Mamma-Ca ist die Radikaloperation, die Ende des vorigen Jahrhunderts von ROTTER²⁸, HEIDENHAIN¹⁶ und HALSTED¹² mitgeteilt wurde. Dieser Operation liegt der Gedanke zugrunde, daß ein Mamma-Ca heilbar ist, wenn man es mit allen seinen Ausläufern und Metastasen entfernt. Zu diesem Zweck wird die ganze Brustdrüse einschließlich des axillären Fett- und Drüsengewebes ausgeräumt und auch der M. pectoralis maior samt Fascie und M. pectoralis minor wegen der in ihnen verlaufenden Lymphbahnen mit entfernt.

Die Besprechung des Lymphabflusses der Brustdrüse hat gezeigt, daß mit dieser Radikaloperation bei weitem nicht alle Lymphgebiete berücksichtigt werden. Daher haben HANDLEY und

THACKRAY¹³ eine Erweiterung dieser Operation vorgeschlagen als sog. Supraradical - Operation. Hierbei werden der Mammaria-Lymphstrang und auf der Thoraxinnenseite neben dem Sternum im zweiten Intercostalraum liegende Lymphdrüsen mit ausgeräumt. Wie angeführt, ist die Filterwirkung des Mammariaweges im Gegensatz zum axillären Hauptweg geringer, das heißt, der Einbruch in die Blutbahn erfolgt früher. Bei Befall der Mammariadrüsen kann daher bereits eine hämatogene Aussaat erfolgt sein. Daher ist der Erfolg dieser Operation zweifelhaft. Auch die Mitausträumung der Supraclavicularknoten, die gelegentlich versucht wird, ist aus den gleichen Gründen praktisch abzulehnen.

Besonders von radiologischer Seite (Mr WRITER³², OESER²⁴) ist der Vorschlag gemacht worden, sich mit einer einfachen Mastektomie zu begnügen und daran eine ausgiebige Röntgenbestrahlung anzuschließen, zumal die erfolgreiche Anwendung der Strahlentherapie eine ungestörte Durchblutung des Gebietes zur Voraussetzung haben muß, die nach einer zu radikalen Operation nicht mehr gegeben sein kann.

Bei den Narbenrezidiven, die mehrere Jahre nach der Operation auftreten können, empfiehlt sich eine Resektion des betroffenen Teiles der Brustwand mit nachfolgender Thorakoplastik, die Sauerbruch angegeben hat, da diese Rezidive erfahrungsgemäß lange nur lokal infiltrierend wachsen und erst spät lymphogen metastasieren (LÖHR¹⁸).

D. Die Zielsetzung der Strahlentherapie

Bei oberflächlicher Betrachtung könnte man vermuten, daß die Strahlenbehandlung des Mamma-Ca unproblematisch sei, da der Tumor oberflächlich liegt und daher durch Strahlung leicht zu treffen ist, ohne andere Organe und Gebilde zu schädigen. Die Besprechung der Lymphabflußgebiete aber hat schon angedeutet, daß es nicht der Primärtumor allein ist, den es anzu-
gehen gilt.

Die Bestrahlung ist eine therapeutische Bestrahlung und geht davon aus, daß in dem zu bestrahlenden Gebiet Krebszellen vorhanden sein können, die so ausreichend bestrahlt werden müssen, daß der Körper nach ihrer Schädigung in der Lage ist, sie endgültig zu vernichten.

Zu diesem Zweck hat der Therapeut drei Hauptziele zu verfolgen:

Erstens soll das Tumorgebiet ausreichend bestrahlt werden. Bei der postoperativen Bestrahlung müssen hier das Operationsgebiet und die vordere und seitliche Thoraxwand der erkrankten Seite gleichmäßig und ausreichend hoch bestrahlt werden. Zweitens müssen alle beteiligten Lymphabfluß- und Lymphknotengebiete in die Therapie einbezogen werden. Zu diesen Gebieten gehören die Axilla, die Supra- und Infraclaviculargrube und der Parasternalbereich. Wichtig ist, daß sich ihre Bestrahlung der Thoraxwandbestrahlung "stufenlos" anschließt; es dürfen also keine unterdosierten Zwischenräume bestehen, die den Erfolg zunichte machen würden. Es darf aber auch nicht zu unerwünschten Überschneidungen kommen, die zu Strahlenschäden führen würden.

Drittens muß die Bestrahlung auf das erkrankte oder vermutlich erkrankte Gebiet beschränkt werden. Selbstverständlich ist, daß lebenswichtige Organe geschützt werden müssen. Lunge und Herz sollen also außerhalb des Strahlungsbereiches liegen (Lungenfibrose) oder nur mit einer Dosis belastet werden, die unterhalb der Toleranzgrenze liegt. Auch die unnötige Bestrahlung von Weichteilen und Knochen muß unterbleiben; denn die Verträglichkeit einer Strahlung ist von dem Volumen des bestrahlten Gewebes abhängig. Ein kleines Gebiet kann man viel höher bestrahlen, ohne den Gesamtorganismus zu schädigen, als ein großes Gebiet.

Bei der Besprechung der einzelnen Bestrahlungsmethoden werden wir uns diese Hauptziele immer wieder vor Augen halten und die einzelnen Methoden danach beurteilen, in wieweit diese Ziele erreicht wurden.

E. Die Kombination von Operation und Bestrahlung

MEYER²² betont, daß Operation und Bestrahlung niemals konkurrieren dürfen, sondern sich sinnvoll ergänzen müssen, da der Operation aufgrund des verzweigten Lymphabflußgebietes Grenzen gesetzt sind, die die Röntgenologie noch zu überschreiten vermag.

Um die Behandlungsergebnisse richtig beurteilen zu können, muß man die Absterberate der Kranken mit einem Mamma-Ca kennen, bei denen keine spezielle Behandlung durchgeführt wurde. BLOOM, RICHARDSON und HARRIES fanden an einer großen Patientenzahl, daß fünf Jahre nach Auftreten der ersten Krankheitszeichen nur noch 16 - 22% der Kranken lebten. Legte man den Zeitpunkt der Diagnosestellung zugrunde, erniedrigte sich der Prozentsatz der Überlebenden nach fünf Jahren auf 10 - 12%.

Tabelle 3 gibt einen Überblick über die Erfolge bei unterschiedlichen therapeutischen Vorgehen. Die Aufteilung des Krankengutes in Frühfälle (Stadium I und II) und fortgeschrittene Fälle (Stadium III und IV) macht deutlich, daß bei den Frühfällen keine deutlichen Unterschiede in den Erfolgen auftreten, gleich, ob nur eine Radikaloperation durchgeführt wurde oder eine einfache Mastektomie mit anschließender intensiver Bestrahlung erfolgte.

Bei fortgeschrittenen Stadien hängen dagegen die Erfolge wesentlich von der Art der eingeschlagenen Therapie ab. FLETSCHER und MONTAGUE erzielten bei fortgeschrittenen Fällen durch einfache Mastektomie mit intensiver Strahlenbehandlung oder ersatzweise alleiniger intensiver Bestrahlung eine Überlebensrate von 32%. Mc WHRITER kam bei diesen Fällen mit einfacher Mastektomie und Nachbestrahlung zu einer Überlebensrate von 21%. Mit der Kombination von Radikaloperation und Nachbestrahlung erreichten die anderen Autoren Überlebensraten zwischen 10 und 18%. Daraus geht hervor, daß bei fortgeschrittenen Stadien die alleinige Bestrahlung oder die

Kombination von einfacher Mastektomie und Bestrahlung der Radikaloperation verbunden mit Strahlenbehandlung deutlich überlegen sind.

DIETHELM hatte Gelegenheit, anhand der Kieler Statistik zwei verschiedene Behandlungsreihen aller Stadien zusammen zu vergleichen. Eine Gruppe war nur operativ behandelt worden, wobei eine fünfjährige Rezidivfreiheit von 30% erzielt wurde, während bei der anderen Gruppe zusätzlich eine Bestrahlung vorgenommen worden war. Dabei ergab sich eine fünfjährige Überlebensrate von 48%. Die Verbesserung der Erfolge lag im wesentlichen bei Stadium II.

Tabelle 3 In: STENDER²⁹

Absolute Behandlungsergebnisse der Früh- und Spätfälle der Mamma-Carcinome.

Autoren	Zahl der Kranken	5 Jahre Überleben			10 Jahre Überleben		
		Alle	I+II	III+IV	Alle	I+II	III+IV
		%	%	%	%	%	%
HAAGENSEN Rad.Oper. teils Bestr. 1935-1962	668 operabel: 78%	48	59	16	33	42	8
FLETSCHER u. MONTAGUE I u. II Rad.Oper. III+IV Rad.Bestr. 1948-1962	1322 operabel: 59%	51	66	32	-	-	-
ENGELSTAD Rad.Oper. u. Bestr. 1932-1942	1384 operabel: 61%	40	64	10	21	42	3
DIETHELM Rad.Oper. u. Bestr. 1927-1945	538 operabel: 88%	42	61	16	32	42	5
Marburger Klinik Rad.Oper. u. Bestr. 1950-1958	689 operabel: 89%	46	61	18	32	43	13

Mc WHIRTER	2507						
Mastektomie	operabel:	43	58	21	26	39	11
u. Bestr.	58%						
1941-1949							

Zur Frage der präoperativen Bestrahlung nimmt BERVEN⁶ ausführlich Stellung. Ein Vergleich zeigt, daß die Überlebensrate im Stadium I in beiden Fällen 66% betrug, gleich, ob nur postoperativ oder präoperativ und postoperativ bestrahlt wurde. Auch bei den Stadien IIa und IIb waren die Ergebnisse gleich.

Ein deutlicher Unterschied trat dagegen im Stadium IIc auf, bei dem die Tumorzellen die Lymphknotenkapsel durchbrochen haben und in das Fett- und Bindegewebe eingewachsen sind. Hier konnte die Überlebensrate durch die prä- und postoperative Bestrahlung gegenüber der nur postoperativen Bestrahlung von 7% auf 37% erhöht werden. Da klinisch niemals festgestellt werden kann, ob das Mamma-Ca einer Patientin das Stadium IIc bereits erreicht hat, erhebt BERVEN daher die Forderung, prinzipiell alle Kranken auch präoperativ zu bestrahlen. Diese Ergebnisse konnten von anderen Autoren nicht bestätigt werden (in STENDER²⁹).

Historisches

Im Jahre 1921 berichteten ANSCHÜTZ und HELLMANN schon über Erfolge der Röntgenbestrahlung beim radikal operierten Mamma-Ca. Sie bestrahlten die Brustwand durch ein direktes Fernfeld von vorne. Sie erreichten damit zwar eine homogene Durchstrahlung eines großen Gebietes, da aber ein sehr großes Volumen durchstrahlt wurde, war die Verträglichkeit sehr gering. Außerdem lagen Herz und Lunge ungeschützt im Strahlengang. Wenn eine therapeutische Strahlendosis auf diese Weise zu dem noch in einer Sitzung verabfolgt wurde, führte das zu einer erheblichen Resistenzminderung des Organismus. Das veranlaßte PERTHES und andere, die Strahlentherapie beim Mamma-Ca gänzlich abzulehnen, und es dauerte lange, bis die

Strahlentherapie durch verbesserte Methoden den Rang erhielt, der ihr zukam.

Methodisches

Um die günstigste Dosisverteilung in den kritischen Bereichen zu ermitteln, wurden Bestrahlungen an einem Oberkörperphantom aus Kunstharz (Araldit) durchgeführt. In die Thoraxwand wurden Sievert-Kondensatorkammern in vorgebohrte Hießlöcher eingelegt. Dieses Verfahren ähnelt der Methode von du Mesnil de ROCHEMONT²⁵, die zu Dosismessungen an einem Beckenphantom angegeben wurde. Außerdem wurde die Strahlendosis filmdosimetrisch nach der Methode von MAUDERLI, GOULD und LANE²⁰ an einem Plexiglasphantom gemessen.

Die mit Hilfe der Dosismeßfilme indirekt festgestellte Isodosenverteilung stimmte gut mit der direkt im Phantom mittels Sievert-Kammern gemessenen überein.

Das Araldit-Oberkörperphantom entsprach in seinen Maßen femininen Normalwerten (nach amputatio mammae). Der sagittale Durchmesser betrug 23cm, der frontale 31cm. Je drei Meßpunkte befanden sich in der mittleren Axillarlinie, in der Medio-Clavicularlinie und in der Parasternallinie jeweils in Höhe der 3. Rippe und 6cm, bzw. 12cm caudal von ihr. Drei weitere Meßpunkte lagen in der Axilla, in der Supraclaviculargrube und über der Mitte der Clavicula. Die Meßzellen konnten so eingebracht werden, daß einmal im Oberflächenniveau und einmal in 1,5cm Tiefe gemessen wurde (s. Abbildung 4).

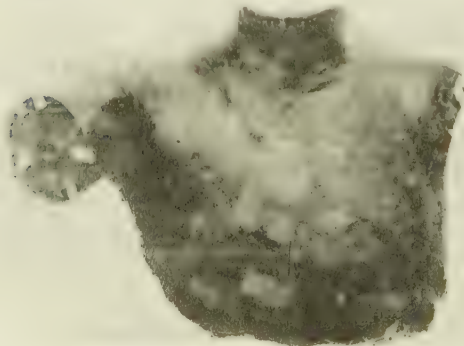


Abb. 4
Araldit-Oberkörper-
Phantom

Araldit besitzt einen dem Gewebe annähernd gleichen Absorptionskoeffizienten, so daß die Ergebnisse für klinische Zwecke brauchbar sind (BOTTLER u. LÖHR⁷). Zur Dosismessung wurden Sievert-Kondensatorkammern und das Philips-Dosimeter verwendet.

Zur filmdosimetrischen Ermittlung der Isodosen diente ein Plexiglasphantom. Sein sagittaler Durchmesser betrug 22cm, sein frontaler 34cm. Die Meßfilme wurden am Phantom derart angebracht, daß eine Seite der Filme frei lag, um keine Schwärzung durch Rückstreuung zu erhalten (MAUDERLI, GOULD und LANE²⁰). Die Photometrierung der Filme erfolgte mit einem Wechsellichtphotometer, das an anderer Stelle beschrieben wurde (STENDER u. HAGEMANN³⁰). Als Filmmaterial wurde der Mikrotest-2-Film (Adox) benutzt. Die Prüfung der Linearität der Photometerfunktion und der Verwendbarkeit der Filme für die Isodosenbestimmung an einem Plexiglasphantom ist von LÖHR, KUNITSCH und HAGEMANN¹⁹ durchgeführt und beschrieben worden.

F. Besprechung der verschiedenen Bestrahlungsmethoden

I. Konventionelle Stehfelderbestrahlung nach HOLFELDER

Die konventionelle Stehfelderbestrahlung nach HOLFELDER¹⁷ ist eine Standardmethode, die zwar viele Abwandlungen und Ergänzungen erfahren hat, aber auch heute noch erfolgreich angewandt wird. Außerdem finden sich ihre Grundelemente in vielen anderen Bestrahlungsvorschlägen wieder.

Das Prinzip dieser Methode besteht darin, daß die vordere und seitliche Thoraxwand sowie die Lymphknotengebiete durch mehrere tangentielle Felder gleichmäßig bestrahlt werden. Ein mediales und ein laterales Feld umgreifen dabei die Thoraxwand wie eine Zange, daher "Holfeldersche Zange". Von kranial wird das Supraclavicularfeld angesetzt, das vornehmlich

in die Supra- und Infraclaviculargrube einstrahlt. Auf das Axillarfild, das bei der Originalmethode nach HOLFELDER mit angegeben ist, wurde hier verzichtet, da eine ausreichende Dosierung auch durch geeigneten Ansatz des lateralen Zangenfeldes gewährleistet ist.

Alle Röntgenbestrahlungen erfolgten mit dem Kohlerschen Pendelgerät, die Stehfelderbestrahlung kann aber auch mit jedem Stehfeldgerät ausgeführt werden. 200 KV; 20 mA; Filter 0,5 mm Cu; HWG 1,1 mm Cu; 40 cm FHD; 100 r Oberflächendosis pro Feld.

Feldeinstellung I a (Abb.5)

Feld 1: Mediales Zangenfeld; Tubus 20 x 24 cm; Tubus 35° unter der Horizontalen; Ansatz Sternalrand der gesunden Seite.

Feld 2: Laterales Zangenfeld; Tubus 20 x 24 cm; Tubus 40° über der Horizontalen; Ansatz zwischen hinterer und mittlerer Axillarlinie.

Feld 3: Supraclavicularfeld; Tubus 10 x 15 cm; Winkel zwischen Zentralstrahl und Körperachse 25°; leichte Neigung des Tubus nach vorne (5°).

Nach Bestrahlung erhält man folgende Dosierung, wobei die linke Abb. jeweils die Dosisverteilung im Oberflächenniveau, die rechte Abb. die Dosisverteilung in 1,5 cm Tiefe angibt:

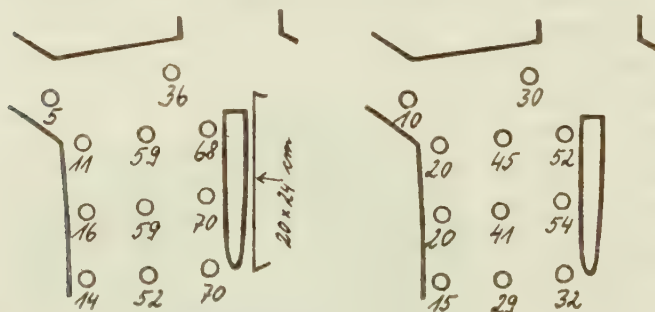


Abb.5a mediales Zangenfeld

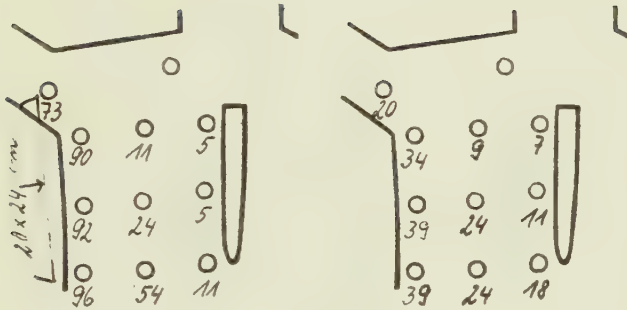


Abb.5b laterales Zangenfeld

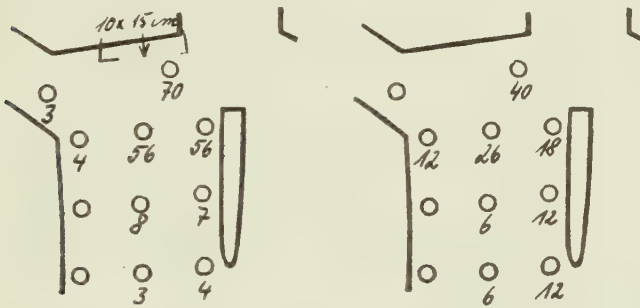


Abb.5c Supraclavicularfeld

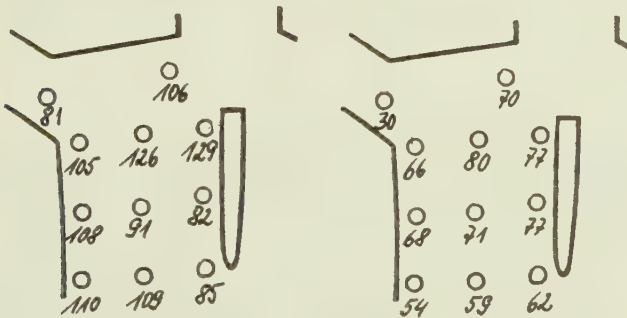


Abb.5d alle drei Felder zusammen

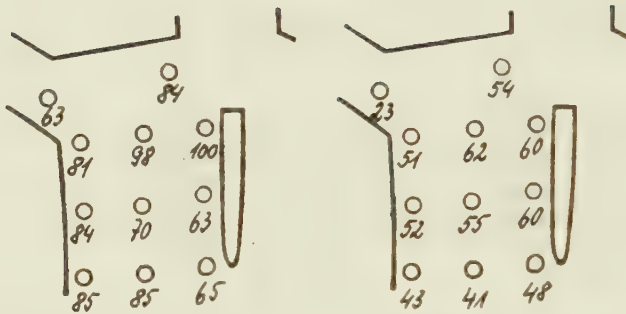


Abb. 5e nach Abb. 5d; Maximalwert 100%

Die Dosisverteilung zeigt ein Maximum parasternal in Höhe des kranialen Sternalabschnittes und eine gleichmäßige Verteilung in der mittleren Axillarlinie (Abb. 5e). Diesen Vorteilen stehen aber einige deutliche Nachteile gegenüber:

1. Die Axilla ist stark unterdosiert. Das laterale Zangenfeld, das für die Axilla das wichtigste Feld ist, erreicht die Axilla bei dieser Einstellung nicht genügend. Bei der Originalmethode nach HOLFELDER ist daher auch ein zusätzliches Axillarfeld angegeben.
2. Sowohl in der Parasternallinie als auch in der mittleren Axillarlinie nimmt die Dosis zur Tiefe hin zu schnell ab, so daß die Gefahr besteht, daß hier liegende Lymphknoten nicht ausreichend getroffen werden.
3. Im Narbengebiet ist die Dosis relativ niedrig, was die Entstehung von Narbenrezidiven begünstigen kann.

Ein Bolusumbau bringt keine Verbesserung im Sinne einer gleichmäßigeren Dosisverteilung (Abb. 6b). Von klinischer Seite wird sogar darauf hingewiesen, daß sich die dadurch entstandene Streustrahlung, die eine zusätzliche Belastung für die Oberfläche darstellt, nur ungünstig auswirkt. Außerdem wird dadurch die Unterdosierung im Narbenbereich und in der Medioclavicularlinie nur verstärkt.

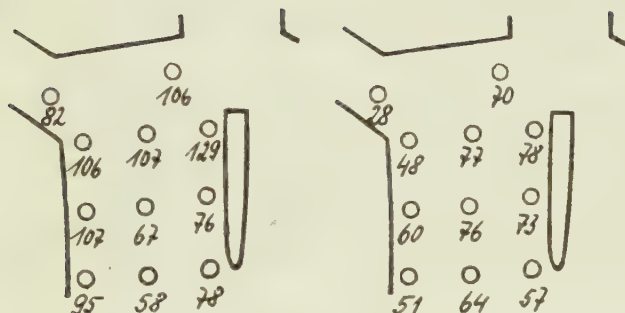


Abb.6a Felderwahl wie bei 5d

zusätzlich wurde der Bestrahlungsbereich mit einem Bolus-umbau versehen.

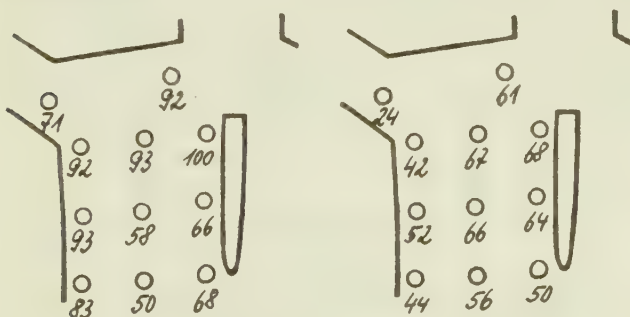


Abb.6b nach Abb.6a; Maximalwert 100%

Eine Verbesserung des Ergebnisses läßt sich durch Auseinanderziehen der Zangenfelder erreichen. Das laterale Zangenfeld setzt dann weiter hinten an, der Tubus wird dafür steiler gestellt. Das mediale Zangenfeld setzt weiter auf der gesunden Seite an, der Tubus wird flacher gestellt. Das Supraclavicularfeld bleibt unverändert. Folgende Feldeinstellung hat sich als optimal erwiesen:

Feldeinstellung I b (Abb.7)

Feld 1: Mediales Zangenfeld; Tubus 20 x 24 cm; Tubus 25° unter der Horizontalen; Ansatz des Feldrandes 5 cm lateral der Mittellinie auf der gesunden Seite.

Feld 2: Laterales Zangenfeld; Tubus 20 x 24 cm; Tubus 65° über der Horizontalen; Ansatz des Feldrandes 2 cm hinter der hinteren Axillarlinie der kranken Seite.

Feld 3: Supraclavicularfeld; Tubus 10 x 15 cm; Winkel zwischen Zentralstrahl und Körperachse 25°; leichte Neigung des Tubus nach vorne (5°).

Die Dosisverteilung ist befriedigend (Abb.7d). Trotz des Auseinanderziehens der Zangenfelder ist die Medioclaviculärlinie an der Oberfläche nicht unterdosiert, da das mediale Zangenfeld flacher ansetzt und diese Linie daher im Zentralstrahl dieses Feldes liegt. Allerdings ist die Abnahme der Dosis zur Tiefe hin hier doch beträchtlich. Der Dosisabfall in der Parasternallinie und in der mittleren Axillarlinie zur Tiefe hin ist wesentlich geringer als bei der vorigen

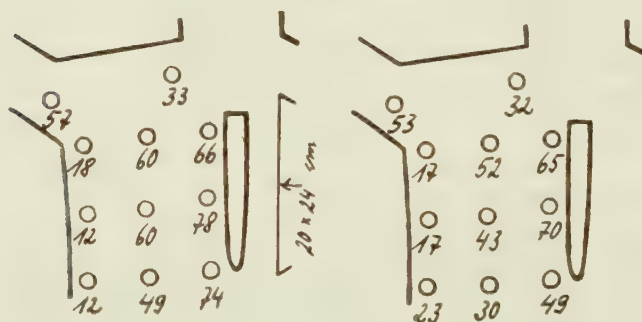


Abb.7a mediales Zangenfeld

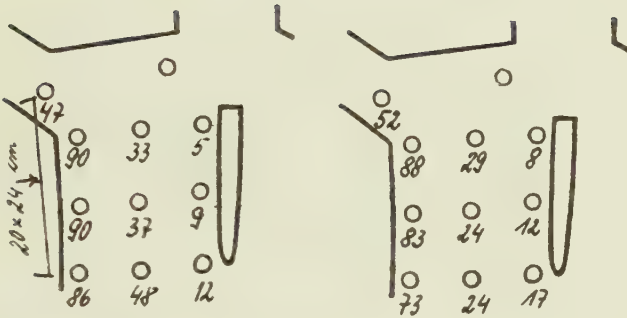


Abb.7b laterales Zangenfeld

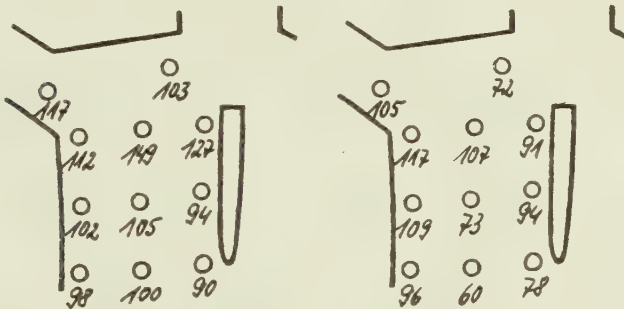


Abb.7c alle drei Felder zusammen

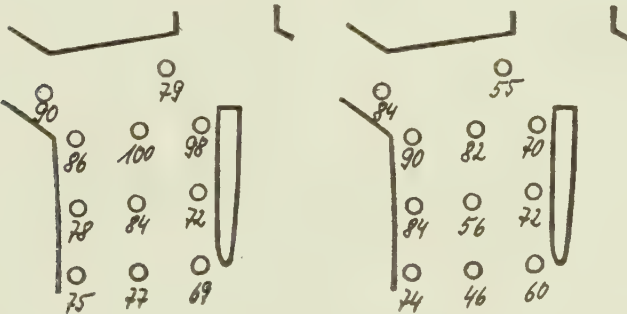


Abb.7d nach Abb.7c; Maximalwert 100%

Feldeinstellung (Ia). Einen weiteren Vorteil stellt die ausreichende Bestrahlung der Axilla dar, so daß ein zusätzliches Axillarfeld hier entfallen kann.

Wichtig ist die Frage nach der ausreichenden Miterfassung der tiefen parasternalen Lymphknoten. Ein Meßpunkt in Höhe des zweiten Rippenbogens in 4 cm Tiefe parasternal auf der kranken Seite gibt für das Supraclavicularfeld 23 r und für das mediale Zangenfeld 37 r an. Damit erhält diese Stelle 60 r; das bedeutet 55% der Oberflächendosis über diesem Meßpunkt. Die Dosierung des Narbengebietes ist nicht voll befriedigend; der starke Dosisabfall zur Tiefe hin kann Narbenrezidiven wieder Vorschub leisten.

Eine Veränderung der Tubusgröße für die Zangenfelder bei gleicher Einstellung erwies sich als nachteilig (Abb.8), weil dabei eine gleichmäßige Bestrahlung der Thoraxvorderwand nicht mehr möglich war. Statt des großen Tubus (20x24cm) wurde hier ein kleinerer (10x25cm) verwandt. Das Supraclavicularfeld änderte sich nicht.

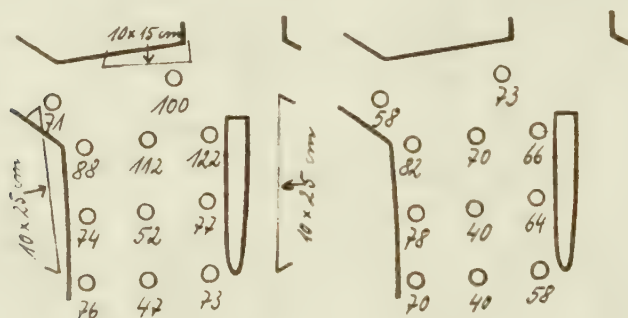


Abb.8 Zangenfelder mit Tubus 10 x 25 cm; Supraclavicularfeld unverändert; nach Feldeinstellung I b;

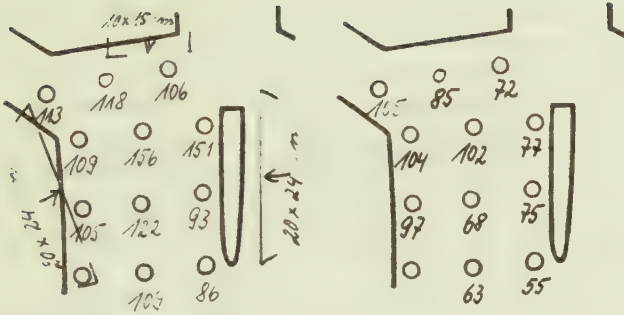


Abb. 9a "Marburger Methode" alle drei Felder zusammen

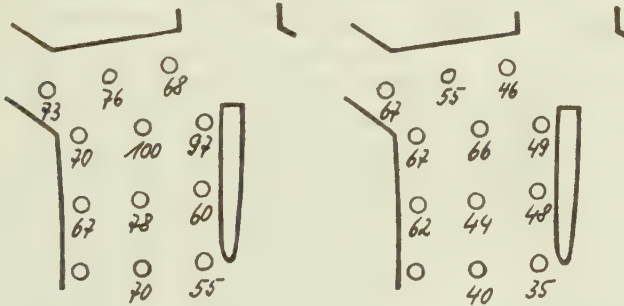


Abb. 9b nach Abb. 9a; Maximalwert 100%

Um auch das Narbengebiet ausreichend dosieren zu können, wurde die sog. "Marburger Methode" (du Mesnil de ROCHEMONT²⁶) entwickelt. Bei ihr werden das mediale Zangenfeld und das Supraclaviculärfeld wie in Abb. 5a und Abb. 5c gegeben. Das laterale Zangenfeld wird aber von schräg unten angesetzt, so daß alle drei Felder von den Ecken eines gedachten gleichseitigen Dreiecks aus die Brustwand bestrahlen. Der Tubus (20x24cm) ist dabei 30° über die Horizontale geneigt (Abb. 9a).

Mit dieser Methode wird eine gute Dosisverteilung erreicht (Abb. 9b). Axilla und oberer Parasternalbereich weisen gegenüber Abb. 5d eine verbesserte Bestrahlung auf. Auch der

Narbenbereich ist höher dosiert, da bei dieser Einstellung das laterale "Schrägfeld" (früher laterales Zangenfeld) mehr Strahlung in dieses Gebiet sendet. Allerdings ist der Zuwachs hauptsächlich auf die Oberfläche beschränkt, was dem relativ flachen Feldansatz zuzuschreiben ist. Die Dosis an der Oberfläche der oberen Thoraxteile kann durch eine Bleiabdeckung während des letzten Bestrahlungsdrittels herabgesetzt werden, so daß die oberflächlich gelegene Dosisspitze vermieden werden kann.

Mit Hilfe der Elektronenbestrahlung ist es heute möglich, einzelne Gebiete getrennt aufzufüllen. Der günstige Tiefendosenverlauf der Elektronenstrahlung erlaubt eine senkrechte Einstrahlung in den Körper, da die Elektronen, abhängig von der Röhrenspannung, einerseits eine bestimmte Tiefe nicht überschreiten, andererseits aber in dem durchstrahlten Gebiet eine wesentlich geringere Abnahme der Tiefendosis aufweisen als z.B. Röntgenstrahlen.

Man führt zunächst die konventionelle Stehfeldbestrahlung durch. Wir gehen dabei von der "Marburger

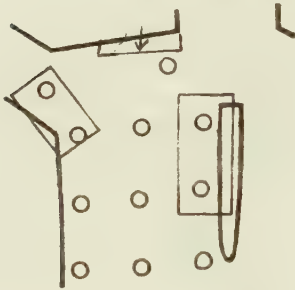


Abb. 10a Elektronenzusatzfelder

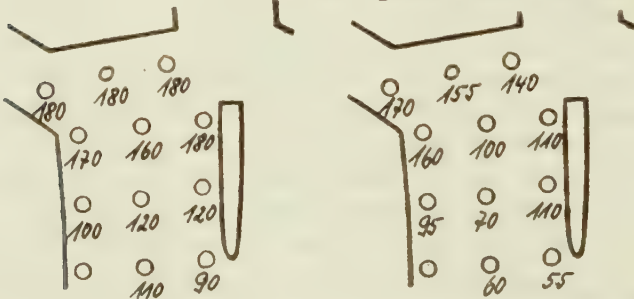


Abb. 10b "Marburger Methode" mit Elektronenzusatzfeldern

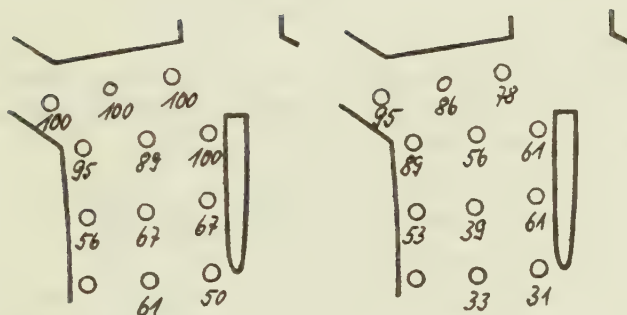


Abb.10c nach Abb.10b; Maximalwert 100%

Methode" aus, da bei ihr die Thoraxwand, die nur durch die Röntgenstrahlung erfaßt wird, die relativ höchste Dosis erhält, und füllen dann Axilla, Supraclaviculargrube und Parasternalbereich mit Elektronenbestrahlung derart auf, daß die Dosierung hier 150% der Dosis der vorderen Brustwand erreicht (Abb.10a). Die Elektronenbestrahlung erfolgt mit 17 MeV, so daß sie in eine Tiefe von 4 - 5 cm eindringt. Gehen wir von Abb.9a aus und setzen die Dosis der Bestrahlung im Narbenbereich 100%, so muß das Axillarfild noch mit etwa 60 r, das Supraclavicularfild mit etwa 70 r und das Parasternalgebiet noch mit rund 30 r bestrahlt werden, um zu der gewünschten Relation zu kommen (Abb.10c). Insgesamt erhält danach die Thoraxwand 3000 bis 3200 r und die drei genannten Regionen je 4500 r im Laufe einer Behandlungsserie.

II. Konventionelle Bestrahlungsmethode nach HELLRIEGEL¹⁵

Bei dieser Methode, die primär für die praeoperative Bestrahlung angegeben ist, finden wir auch die beiden Zangfelder und das Supraclavicularfild, die dem vorigen fast entsprechen. Um eine sichere Bestrahlung von Axilla und Paraster-

nalbereich zu gewährleisten, verwendet HELLRIEGEL noch zwei weitere Felder, ein Axillarfild und ein Parasternalfeld.

Feldeinstellung II (Abb.11a - g)

Feld 1: Laterales Flankierungsfeld; Tubus 10 x 24 cm; Ansatz des Tubus zwischen mittlerer und hinterer Axillarlinie; Röhrenneigung 40° über der Horizontalen.

Feld 2: Mediales Flankierungsfeld; Tubus 10 x 24 cm; Ansatz des Tubus in der Medioclavicularlinie der gesunden Seite; Röhrenneigung 30° unter der Horizontalen.

Feld 3: Parasternalfeld; Tubus 10 x 24 cm; Ansatz des Tubus in der Medioclavicularlinie der kranken Seite; Röhrenneigung 25° unter der Horizontalen.

Feld 4: Supraclavicularfeld; Tubus 8 x 10 cm; Winkel zwischen Zentralstrahl und Körperachse 30° ; der Zentralstrahl zielt auf das obere Mediastinum; Breitseite des Tubus nach vorne.

Feld 5: Axillarfild; Tubus 8 x 10 cm; Winkel zwischen Zentralstrahl und Körperachse 35° .

Die Abb.11g zeigt eine sehr intensive Bestrahlung der Lymphknotengebiete, so daß hier eine Auffüllung mit Elektronenfeldern nicht mehr notwendig ist. Das Axillarfild wird so gegeben, daß der Strahlengang parallel zur Lungenoberfläche ist, die Lunge also nicht geschädigt wird. Anders

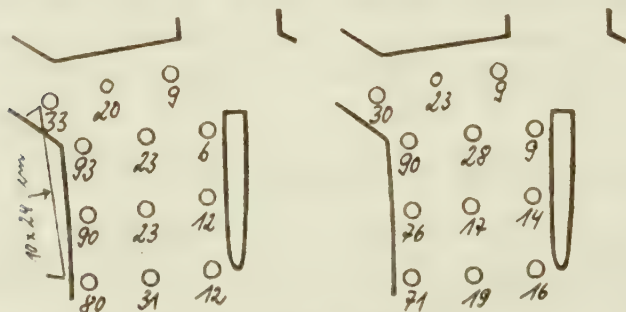


Abb.11a laterales Flankierungsfeld

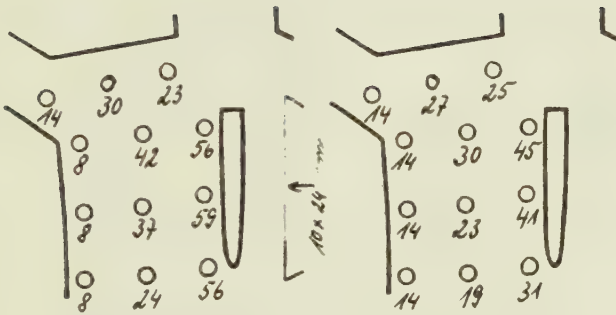


Abb.11b mediales Flankierungsfeld

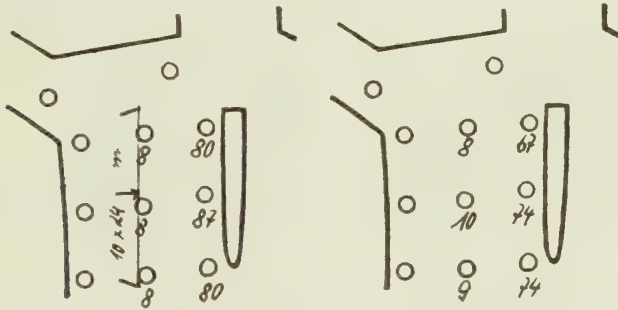


Abb.11c Parasternalfeld

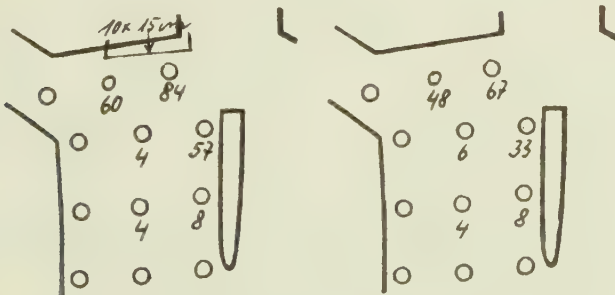


Abb.11d Supraclavicularfeld

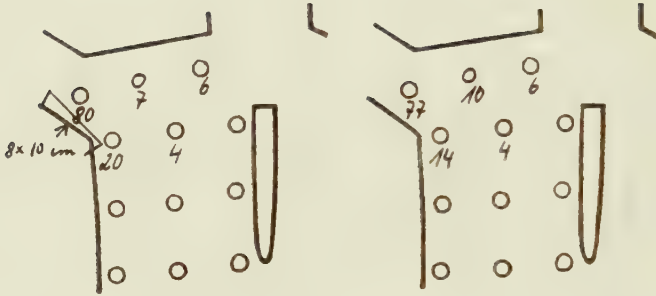


Abb. 11e Axillarfild

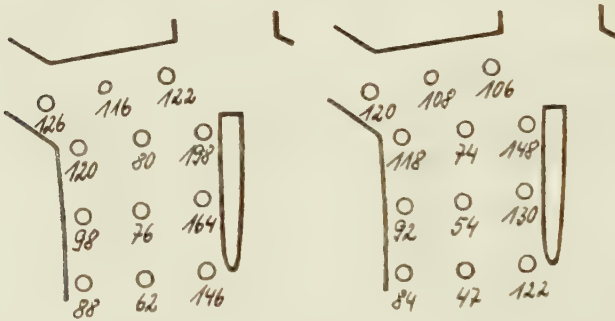


Abb. 11f alle fünf Felder zusammen

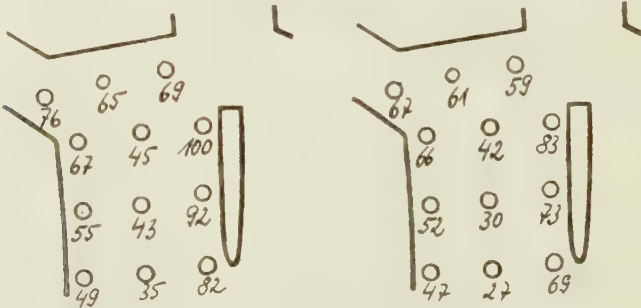


Abb. 11g nach Abb. 11f; Maximalwert 100%

liegen die Verhältnisse beim Parasternalfeld. Hierbei ist eines der drei Hauptziele, nämlich nicht befallenes Gewebe und Organe vor der Strahlung zu schützen, nicht mehr voll erreicht. Die Strahlung dringt hier von der kranken Seite stärker in die gesunde Lunge ein.

Die Dosierung im Narbenbereich ist relativ gering. Für eine Verbesserung in diesem Bereich bestehen zwei Möglichkeiten. Einmal kann man für die beiden Flankierungsfelder einen größeren Tubus verwenden. Die Abb.7c und 8 zeigen diesen Unterschied für die Holfeldersche Zange. Zum anderen kann man den Dosisanteil der Flankierungsfelder, die für die Bestrahlung des Narbengebietes verantwortlich sind, gegenüber dem Dosisanteil der Zusatzfelder erhöhen, so daß die Dosierung gleichmäßiger wird.

Zusammenfassend kann man zu der Hellriegelschen Methode sagen, daß sie zwar wegen der größeren Felderzahl aufwendiger ist als die Holfeldersche Methode, daß sie aber mit großer Sicherheit alle Lymphknotengebiete erfaßt und ohne zusätzliche Elektronenfelder eine ausreichende Dosierung möglich macht.

III. Konventionelle Bestrahlungsmethode nach EICHHORN¹⁰

Diese Methode ist hauptsächlich für die präoperative Bestrahlung angegeben; sie kann jedoch auch unter Weglassung der Felder 5a und 5b, die hier nur der Vollständigkeit wegen mit aufgeführt werden, bei der postoperativen Bestrahlung angewendet werden.

Eine intensivere Bestrahlung der Lymphgebiete der Thoraxwand wird hier durch Anwendung einer zweiten, kleineren Zange erreicht, die innerhalb der ersten großen liegt ((Abb.12a). Die Brustdrüse selbst wird durch ein kraniales und ein kaudales Direktfeld bestrahlt; bei beiden verläuft der Strahlengang tangential zur Thoraxwand. Für die Zusatzbestrahlung der Clavicularregion und der Axilla werden zwei Möglichkeiten angegeben.

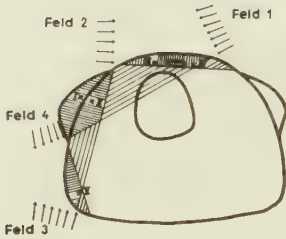


Abb. 12a große und kleine
Zange nach
EICHHORN

Feldeinstellung III. (Abb. 12a - 12e)

Feld 1: Rückenlage des Patienten wie üblich; Ansatz des Tubus an der Parasternallinie der gesunden Seite; Strahlenrichtung des inneren Randstrahles auf den lateralen Rand der Mamma; Tubus 20 x 24 cm; Neigung des Tubus 15° unter die Horizontale.

Feld 2: Lage unverändert; Ansatz des Tubus 9 cm von der Parasternallinie der gesunden Seite entfernt; Strahlenrichtung des inneren Randstrahles auf die Parasternaldrüsen der gesunden und kranken Seite; Neigung des Tubus 0° ; (mediales Zusatzfeld).

Feld 3: Lagerung auf der gesunden Seite mit erhobenem Arm; Ansatz des Tubus an der hinteren Axillarlinie (Mammastütze); Strahlenrichtung des inneren Randstrahles auf medialen Ansatz der Mamma; Tubus 10 x 15 cm.

Feld 4: Lagerung unverändert; Ansatz des Tubus 6 cm von der hinteren Axillarlinie entfernt; Strahlenrichtung des inneren Randstrahles auf die hintere Brustwand; Tubus 10 x 15 cm; (laterales Zusatzfeld).

Feld 5a und 5b: Lagerung in Rückenlage oder stehend; Ansatz des Tubus dicht oberhalb des Rippenbogens bzw. oberhalb der Clavicula; Strahlenrichtung auf die Gegend der Clavicula (Flankierungsfeld von unten, Mamma ruht auf dem Tubus) bzw. auf den Rippenbogen (Flankierungsfeld von oben); die Zusatzfelder werden lateral und parasternal abgedeckt.

Feld 6 und 7:

1. Möglichkeit: Axilla und Supraclaviculargrube werden jeweils direkt eingestellt; Die Strahlenrichtung der beiden Felder führt zu einer Summation in der Gegend der Infraclaviculargrube. Die Einstellung dieser beiden Felder erfolgt wie bei der Methode nach HELLRIEGEL (Abb.11d und 11e).

2. Möglichkeit: Ein vorderes Direktfeld auf Supraclaviculargrube und Axilla zusammen und ein hinteres Direktfeld auf die Axilla. Die Einstellung dieser beiden Felder erfolgt wie bei Mc WHRITER (Abb.13c und 13d).

Auf die Aufführung aller Einzelfelder wurde hier verzichtet. Die Abbildungen 12c und 12e stellen die Endergebnisse der beiden Möglichkeiten dieser Methode dar.

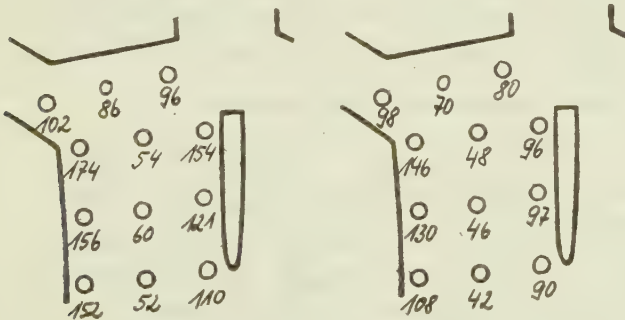


Abb.12b erste Möglichkeit der Kombination;
alle aufgeführten Felder außer 5a und 5b

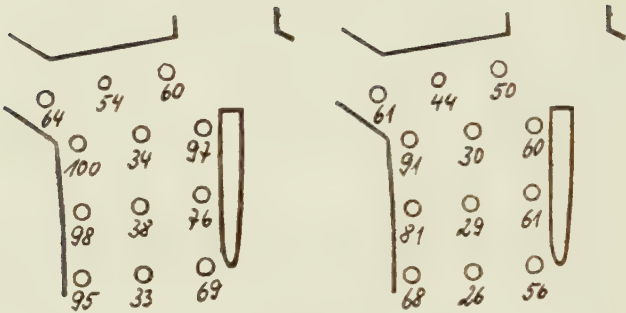


Abb.12c nach Abb.12b; Maximalwert 100%

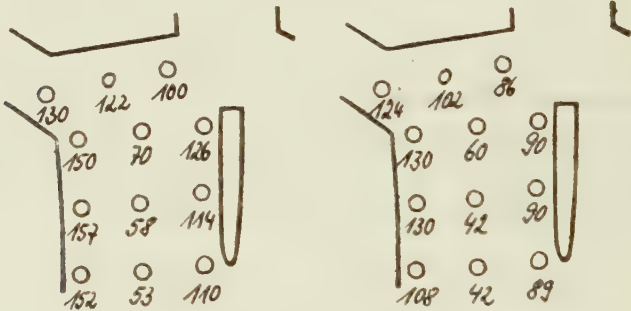


Abb.12d zweite Möglichkeit der Kombination;
alle aufgeführten Felder außer 5a und 5b

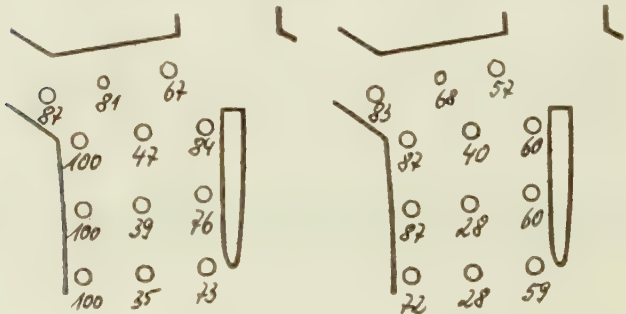


Abb.12e nach Abb.12d; Maximalwert 100%

Die Abbildungen 12c und 12e zeigen eine gute Dosierung der Lymphgebiete, aber eine Unterdosierung in der Medioclavicularlinie. Mit beiden Möglichkeiten können also Axilla, Parasternal- und Clavicularbereich gut bestrahlt werden, während die Bestrahlung des Narbenbereiches unzureichend ist. Diese Tatsache ist verständlich, da die Methode für eine präoperative Bestrahlung ausgearbeitet wurde. Bei der postoperativen Bestrahlung fallen aber die beiden Mammafelder (Feld 5a und 5b) weg, die nicht nur die Mamma bestrahlen, sondern auch zur Auffüllung des Narbenbereiches dienen. Eine Verbesserung dieser Methode für unsere Zwecke ist praktisch nicht möglich, da aufgrund der Felderwahl kein Feld vornehmlich für die Bestrahlung des Narbengebietes verantwortlich ist. Als Ausweg bliebe nur, entweder die Felder 5a und 5b doch mit zu verwenden oder ein Direktfeld auf die Narbe unter Halbtiefentherapiebedingungen (120 KV) zu geben. Dadurch würde die Methode aber zu aufwendig.

Ein Vergleich der ersten mit der zweiten Möglichkeit der Kombination zeigt bei der zweiten Möglichkeit (Abb.12e) eine höhere Dosierung in Axilla und Clavicularbereich, was aber durch entsprechend höhere Dosierung der Felder für diesen Bereich bei der ersten Möglichkeit der Kombination wettzumachen ist.

IV. Konventionelle Stehfelderbestrahlung nach Mc WRITER

Mc WRITER³² gibt diese Methode zur postoperativen Behandlung an. In einer Serie verabfolgt er eine Tumordosis von 3750 r. Er verwendet vier Felder, von denen die beiden Zangfelder ungefähr den Holfelderschen entsprechen, nur mehr kaudal ansetzen, da die oberen Zusatzfelder tiefer reichen. Die Zusatzfelder verschonen die Lunge, da bei ihnen der Strahlengang parallel zur Lungenoberfläche verläuft.

Feldeinstellung IV (Abb.13a - 13h)

Feld 1: Mediales Zangenfeld; Tubus 10 x 15 cm.

Feld 2: Laterales Zangenfeld; Tubus 10 x 15 cm; die Einstellung beider Felder erfolgt nach Feldeinstellung Ia nach HOLFELDER, nur der obere Feldrand liegt mehr kaudal, um eine Überschneidung mit Feld 3 zu vermeiden.

Feld 3: Vorderes Direktfeld auf Supraclavicularregion und Axilla; Tubus 10 x 25 cm; Winkel zwischen Zentralstrahl und Körperachse 75° .

Feld 4: Hinteres Direktfeld auf die Axilla; Tubus 10 x 15 cm; Winkel zwischen Zentralstrahl und Körperachse 90° .

Bestrahlung bei Feld 1 und 2 in Rückenlage des Patienten, bei Feld 3 und 4 im Sitzen.

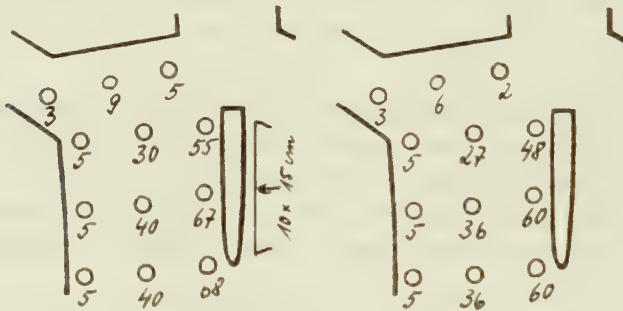


Abb.13a mediales Zangenfeld

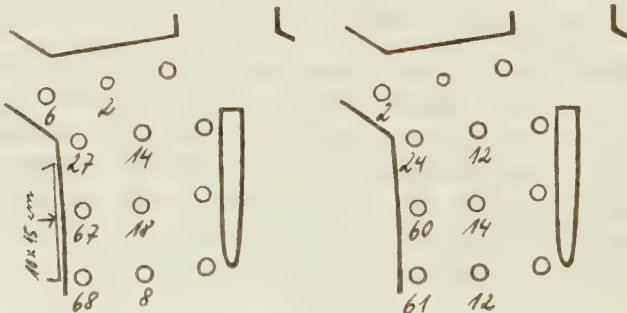


Abb.13b laterales Zangenfeld

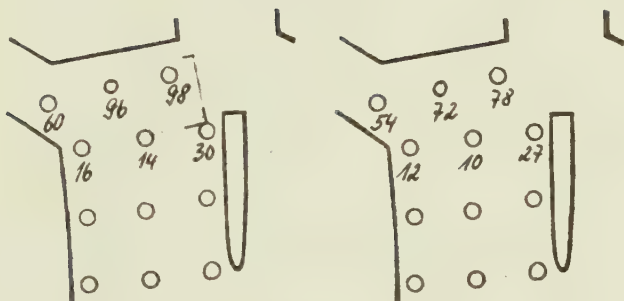


Abb.13c vorderes Direktfeld

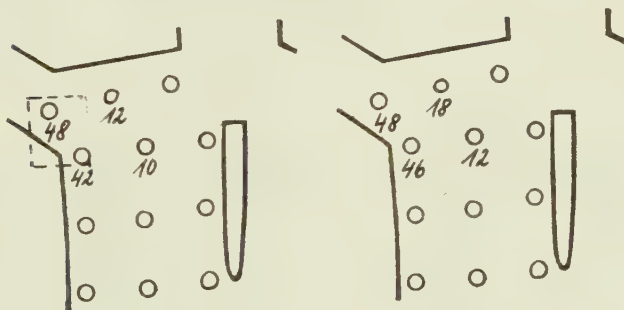


Abb.13d hinteres Direktfeld

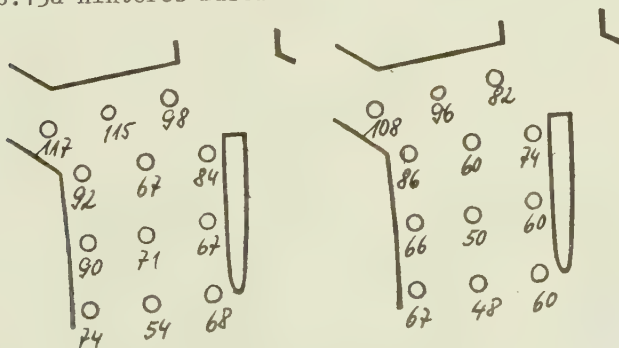


Abb.13e alle vier Felder zusammen

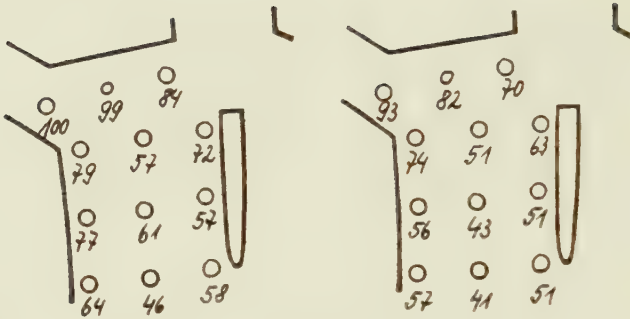


Abb. 13f nach Abb. 13e; Maximalwert 100%

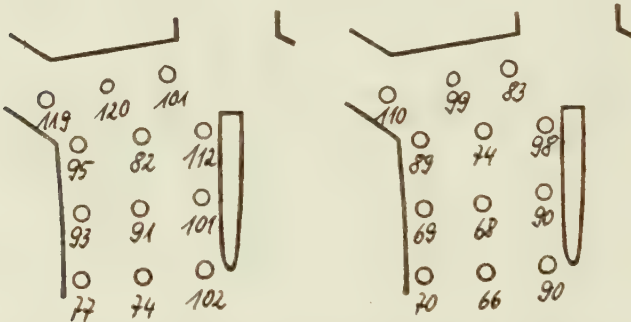


Abb. 13g Summation der vier Felder nach Mc WHITER;
je 100% der Felder 2 - 4, 150% des Feldes 1

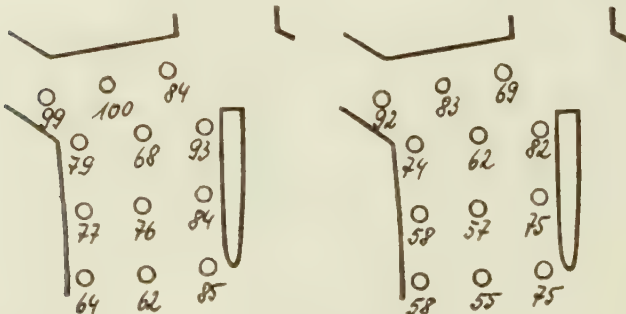


Abb. 13h nach Abb. 13g; Maximalwert 100%

Die Abbildung 13f zeigt eine gute Dosierung der mittleren Axillarlinie, der Axilla und der Claviculargegend. Dagegen ist die Medioclavicularlinie und der Parasternalbereich zu gering bestrahlt. Auf einen "nahtlosen" Übergang des vorderen Direktfeldes zum Zangenfeld muß sorgfältig geachtet werden, da der Dosisabfall des vorderen Direktfeldes nach kaudal sehr plötzlich erfolgt, und es daher leicht zu einer unterdosierten Zone kommen kann.

Für die Aufbesserung im Parasternalbereich gibt es zwei Möglichkeiten. Einmal kann zusätzlich ein Parasternalfeld, das von HELLRIEGEL angegeben ist, verabfolgt werden. Zum anderen kann die Dosis des medialen Zangenfeldes auf 150% erhöht werden, was aber nur zum Teil möglich ist. Dabei würde die gleichzeitige Mehrbestrahlung des Narbenbereiches einen weiteren Vorteil bedeuten (Abb.13h).

V. Konventionelle Röntgen-Pendelbestrahlung nach ROßMANN²⁷

Zur Bestrahlung der Thoraxwand dienen bei HOLFELDER zwei Felder; EICHHORN verwendet bereits vier Felder. Vermehrt man die Zahl der Felder immer weiter, so gelangt man schließlich zu der Bewegungsbestrahlung; denn man kann sie sich ja aus unzähligen Einzelfeldern zusammengesetzt denken (du Mesnil de ROCHEMONT²⁶). Bei oberflächlichen Tumoren wie beim Mamma-Ca dient die Bewegung der Röhre also einer gleichmäßigeren Verteilung der Dosierung, während sie bei den tiefen Tumoren eine Maßnahme zum Schutze der Haut darstellt.

HARE, TRUMP und WEBSTER¹⁴ teilten 1952 ihre "scanning method" mit, bei der sie allerdings eine wesentlich härtere Strahlung mit einem 2 MeV van de Graaf-Beschleuniger verwendeten. Dabei stand die Röhre fest. Der Patient, auf einem Stuhle sitzend, wurde um eine Achse gedreht, die 2 cm dorsal vom halben Thoraxdurchmesser und in gleicher Tiefe in lateraler Richtung auf der kranken Seite lag. Um die Lunge vor Strahlung zu schützen, wurde nur der laterale Anteil der Strahlung verwandt.

ROßMANN übernahm dieses Prinzip und führte eine tangentielle Pendelbestrahlung mit konventioneller 200 KV - Röntgenbestrahlung durch. Die Röntgenröhre pendelt dabei um einen Mittelpunkt, der innerhalb der erkrankten Seite des liegenden Patienten liegt. Dieser Drehpunkt ist von der vorderen Brustwand genau so weit entfernt wie von der lateralen, da beide von der Bestrahlungsschale desselben Feldes gleich gut versorgt werden müssen. Der Zentralstrahl wird dazu um einen Winkel α aus dem Pendelmittelpunkt ausgelenkt (Abb. 14a). Dadurch ergibt sich eine Bestrahlungsschale, die die Thoraxwand erfaßt, die Lunge aber frei läßt. Die Größe der Schale

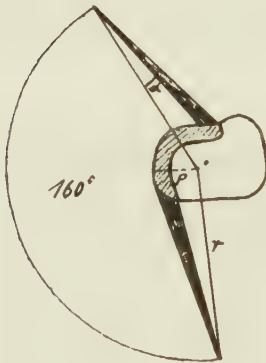


Abb. 14a

α = Auslenkwinkel
 r = Pendelradius
 p = Pendeltiefe

ist durch die Pendeltiefe (p) bestimmt, die von dem Pendelradius (r) und dem Auslenkwinkel abhängt. Durch Variation der Feldbreite läßt sich auch die Breite der Schale verändern. Als Zusatzfelder verwendet ROßMANN ein Axillar- und ein Supraclavicularfeld.

Feldeinstellung V (Abb. 14a - 14c)

Tangentiales Pendelfeld; Pendelradius 65 cm; Pendelwinkel $20^\circ - 180^\circ$; Pendelmittelpunkt 2 cm dorsal vom halben Thorax-

durchmesser und 1,5 cm neben der Mitte auf der kranken Seite (Phantom 31 x 23 cm); Auslenkwinkel 9° und 10° ; Feldbreite 4 x 10 cm.

(Die Dosenangaben bei den Pendelfeldern sind Verhältniszahlen, der jeweils höchste Wert beträgt 100)

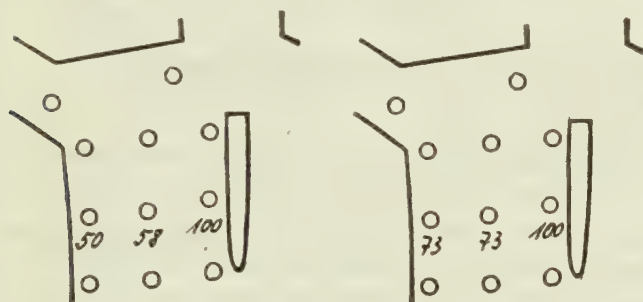


Abb.14b Pendelfeld; Auslenkwinkel 9°

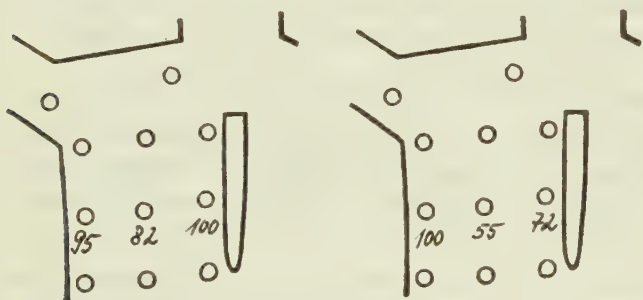


Abb.14c Pendelfeld; Auslenkwinkel 10°

Wie die Abbildungen 14b und 14c zeigen, läßt sich hier trotz genauer Feldeinstellung und trotz genauer vorheriger geometrischer Bestimmung des optimalen Pendelmittelpunktes keine gleichmäßigere Verteilung erreichen. Ausgeglichen wäre die Dosierung nur bei kreisförmiger Thoraxwand. Auch MAURER, ROOS und WEDEMEYER²¹ kommen zu diesem Ergebnis und machen für die ungleiche Verteilung die unregelmäßige Oberfläche des Thorax und die zu geringe Tiefenwirkung der relativ weichen Röntgenstrahlung verantwortlich.

ARNAL, GAUWERKY, HEINZEL und MOOR² verbesserten die Methode durch eine automatische Steuerung der Röhrenstromstärke, wodurch sie eine gleichmäßigere Dosisverteilung erzielten. Diese Komplizierung verhinderte aber ihre allgemeine klinische Anwendung.

VI. Co⁶⁰-Stehfeldbestrahlung (Feldeinstellungen nach HOLFELDER)

Alle Co⁶⁰-Bestrahlungen wurden mit dem Co⁶⁰-Pendelgerät (Gammatron I) der Firma Siemens durchgeführt.

HOLFELDER gabe seine Methode für die 200 KV-Röntgentiefentherapie an. Im folgenden wird sein Verfahren auf die Co⁶⁰-Bestrahlung übertragen, und wir wollen vergleichen, ob sich bei der Benutzung einer wesentlich härteren Strahlung, als sie das radioaktive Kobalt aussendet, Vorteile ergeben. Zunächst verwenden wir die Holfeldersche Feldeinstellung I a:

Feldeinstellung VI a (Abb.15a - 15e)

Feld 1: Mediales Zangenfeld; FHD des medialen Randstrahles 70 cm; Feldgröße 19 x 10 cm; Zentralstrahl 35° unter der Horizontalen; Ansatz des Feldrandes am Sternalrand der gesunden Seite.

Feld 2: Laterales Zangenfeld; FHD des medialen Randstrahles 70 cm; Feldgröße 19 x 10 cm; Zentralstrahl 40° über der Horizontalen; Ansatz des lateralen Feldrandes zwischen hinterer und mittlerer Axillarlinie.

Feld 3: Supraclavicularfeld; FHD 70 cm; Feldgröße 7 x 10 cm; Winkel zwischen Zentralstrahl und Körperachse 25°; leichte Neigung des Zentralstrahles nach vorne (5°).

Aus Abbildung 15e ist zu entnehmen, daß sich mit der härteren Strahlung eine sehr gleichmäßige Dosierung erzielen läßt. Insgesamt ist sie wesentlich höher als in Abbildung 5e, obwohl jedes einzelne Feld auch wieder mit 100 r Ober-

flächendosis bestrahlt wurde. Ein Beispiel erläutert das:

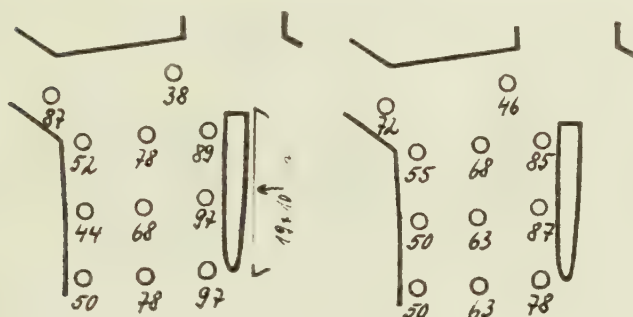


Abb.15a mediales Zangenfeld

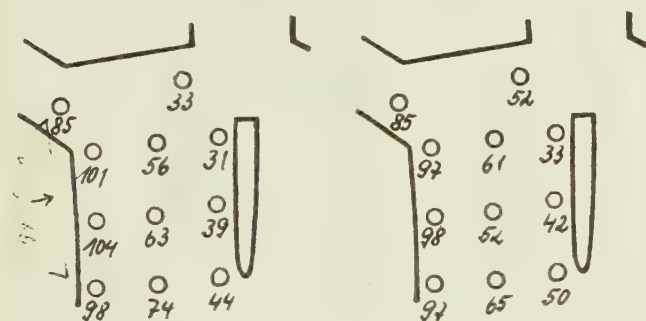


Abb.15b laterales Zangenfeld

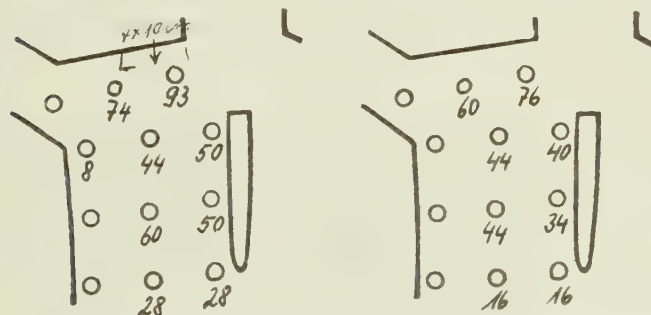


Abb.15c Supraclavicularfeld

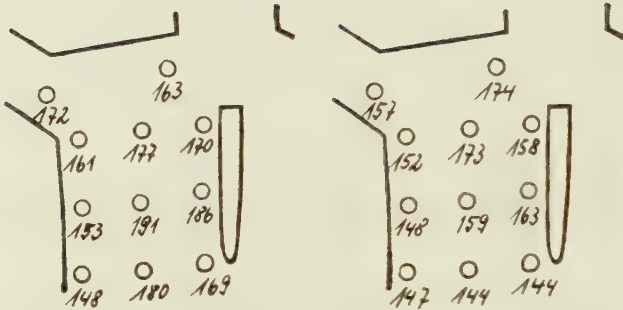


Abb.15d alle drei Felder zusammen

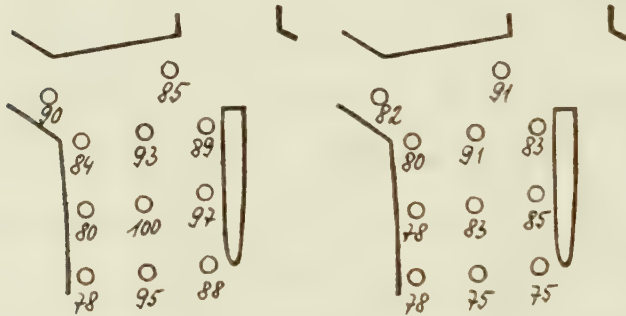


Abb.15e nach Abb.15d; Maximalwert 100%

Die mittlere Axillarlínie wird bei der Röntgenbestrahlung fast ausschließlich vom lateralen Zangenfeld bestrahlt (Abb. 5b), während bei der Co^{60} -Bestrahlung auch das mediale Zangenfeld (Abb.15a) noch einen beträchtlichen Anteil an ihrer Dosierung hat.

Ein Vergleich der Abbildungen 5e und 15e fällt eindeutig zugunsten der Co^{60} -Bestrahlung aus; denn die Nachteile der Röntgenbestrahlung konnten durch die härtere Strahlung beseitigt werden. Axilla und Narbenbereich weisen eine ausreichende Dosierung auf, und die Tiefenabnahme (vergleiche die rechte und linke Abbildung 15e) ist wesentlich geringer als

in Abbildung 5e, so daß auch tiefer liegende Lymphknoten gut erfaßt werden.

Durch ein Auseinanderziehen der beiden Zangenfelder analog der Feldeinstellung Ib gelangt man zu der

Feldeinstellung VI b (16a - 16e)

Feld 1: Mediales Zangenfeld; FHD 70 cm; Feldgröße 19 x 10 cm; Zentralstrahl 25° unter der Horizontalen; Ansatz des Feldrandes 5 cm lateral der Mittellinie auf der gesunden Seite.

Feld 2: Laterales Zangenfeld; FHD 70 cm; Feldgröße 19 x 10 cm; Zentralstrahl 65° über der Horizontalen; Ansatz des Feldrandes 2 cm hinter der hinteren Axillarlinie der kranken Seite.

Feld 3: Wie Feld 3 bei der Feldeinstellung VIa.

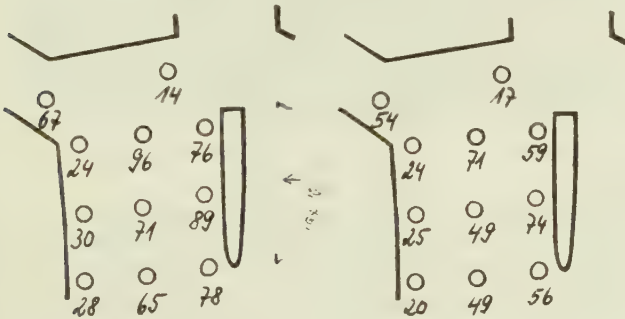


Abb. 16a mediales Zangenfeld

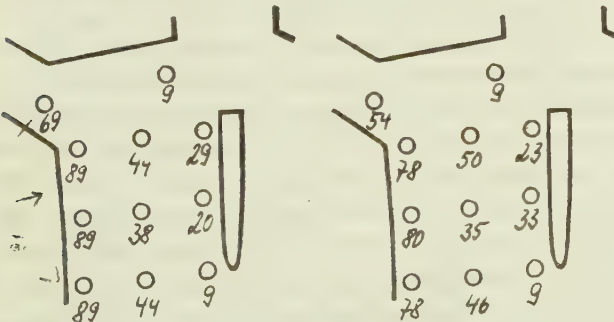


Abb. 16b laterales Zangenfeld

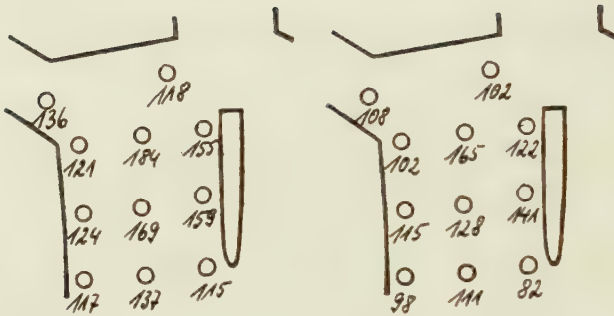


Abb.16c alle drei Felder zusammen

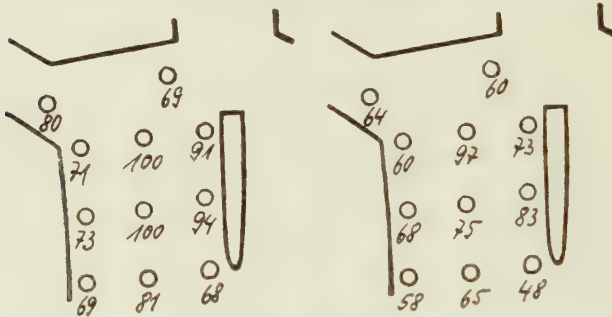


Abb.16d nach Abb.16c; Maximalwert 100%

Ein Auseinanderziehen der beiden Zangenfelder empfiehlt sich bei der Co⁶⁰-Bestrahlung in besonderem Maße. Dank der besseren Durchdringung des Gewebes durch die Strahlung tritt nach einer Vergrößerung der Zange in der medioclavicularlinie keine Unterdosierung auf. Es kann daher der Vorteil der besseren Miterfassung peripher gelegener Lymphknoten ohne Nachteil genutzt werden. Eine weitere Beobachtung fordert sogar die Vergrößerung der Zange und damit eine Änderung der Winkeleinstellung des Zentralstrahles: Das oben angeführte Beispiel des medialen Zangenfeldes (Abb.15a) zeigt, daß der Strahlengang den Thorax in zu großer Tiefe durchquert, um die

vordere Axillarlinie zu erreichen. Nur durch einen flacheren Verlauf des Strahlenganges wird das mediale Zangenfeld wieder zu einem echten Tangentialfeld (Abb.16a).

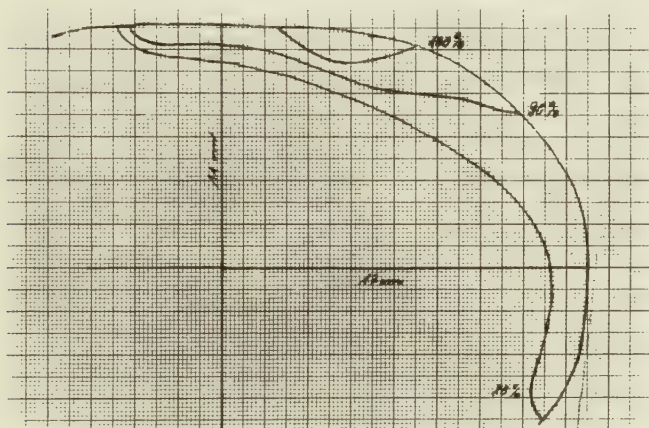


Abb.16e Isodosen-Kurvenverlauf nach Bestrahlung mit den beiden Zangenfeldern nach Feldeinstellung VIb:
 Feld 1: Mediales Zangenfeld; FHD 70 cm; Feldgröße 19 x 10 cm; Zentralstrahl 25° unter der Horizontalen; Ansatz des Feldrandes 5 cm lateral der Mittellinie auf der gesunden Seite.
 Feld 2: Laterales Zangenfeld; FHD 70 cm; Feldgröße 19 x 10 cm; Zentralstrahl 65° über der Horizontalen; Ansatz des Feldrandes 2 cm hinter der hinteren Axillarlinie der kranken Seite.

Den Verlauf der Isodosenlinien im Thoraxquerschnitt zeigt die Abbildung 16e. Nach Bestrahlung der beiden Zangenfelder nach Feldeinstellung VIb hat die 80%-Isodose einen guten parallelen Verlauf zur Thoraxwand. Das Dosismaximum liegt 6 cm lateral der Mittellinie auf der kranken Seite. Durch Zugabe des Supraclavicularfeldes wird die Dosierung im Bereich der vorderen Thoraxwand noch erhöht.

Um auch bei dieser Methode wieder Aufschluß darüber zu erhalten, ob die tiefen parasternalen Lymphknoten ausreichend

bestrahlt sind, wurde zusätzlich zu den Isodosenkurven wieder die Dosis eines Meßpunktes in Höhe des zweiten Rippenbogens in 4 cm Tiefe parasternal auf der kranken Seite bestimmt. Beim Supraclavicularfeld wurden hier 34 r, beim medialen Zangenfeld 41 r, zusammen also 75 r gemessen. An dieser Stelle wird die Oberfläche mit 155 r bestrahlt; in 4 cm Tiefe finden sich also noch rund 50% dieser Dosis.

VII. Co^{60} -Stehfeldbestrahlung (Feldeinstellung nach Mc WHIRTER)

Auch bei der Methode nach Mc WHIRTER kann die Co^{60} -Bestrahlung statt der Röntgenbestrahlung durchgeführt werden. Felderwahl und Einstellung entsprechen dabei der Originalmethode.

Feldeinstellung VII (Abb. 17a - 17h)

Feld 1: Mediales Zangenfeld; FHD 70 cm; Feldgröße 10 x 15 cm;

Feld 2: Laterales Zangenfeld; FHD 70 cm; Feldgröße 10 x 15 cm;

(Die Einstellung der beiden Zangenfelder erfolgt nach Feldeinstellung VIa, nur der obere Feldrand liegt mehr kaudal, um eine Überschneidung mit Feld 3 zu vermeiden.)

Feld 3: Vorderes Direktfeld auf Clavicularregion und Axilla; FHD 70 cm; Feldgröße 10 x 15 cm; Winkel zwischen Zentralstrahl und Körperachse 75° .

Feld 4: Hinteres Direktfeld auf die Axilla; FHD 70 cm; Feldgröße 10 x 15 cm; Winkel zwischen Zentralstrahl und Körperachse 90° .

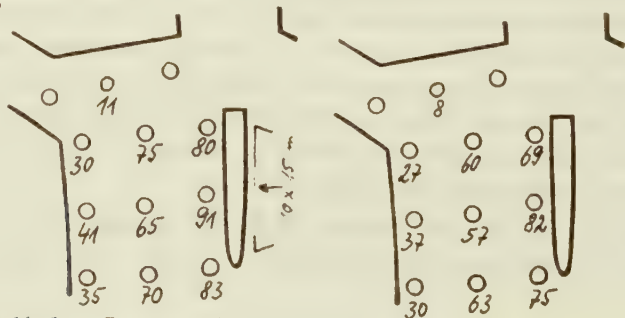


Abb. 17a mediales Zangenfeld

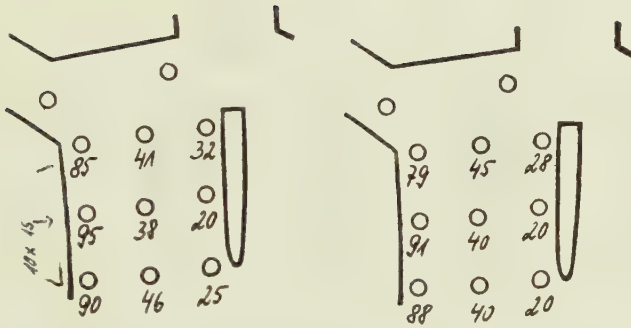


Abb. 17b laterales Zangenfeld

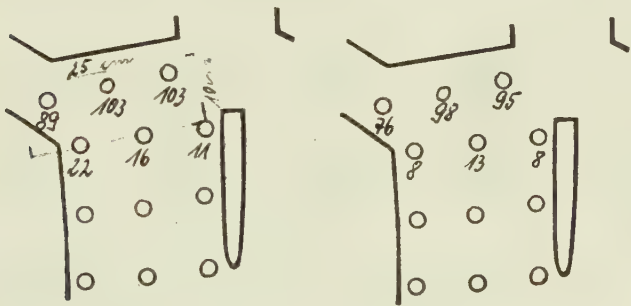


Abb. 17c vorderes Direktfeld

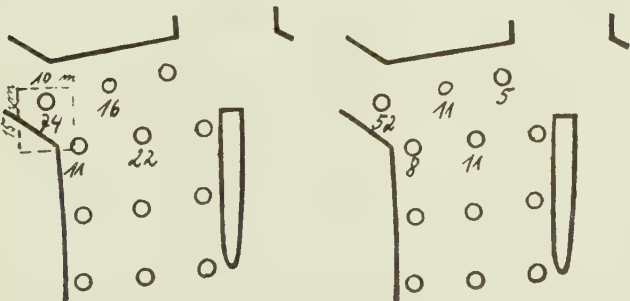


Abb. 17d hinteres Direktfeld

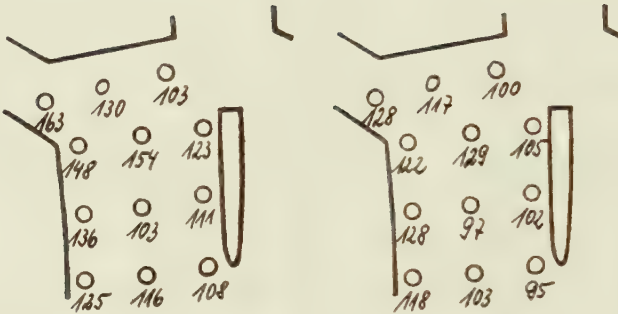


Abb.17e alle vier Felder zusammen

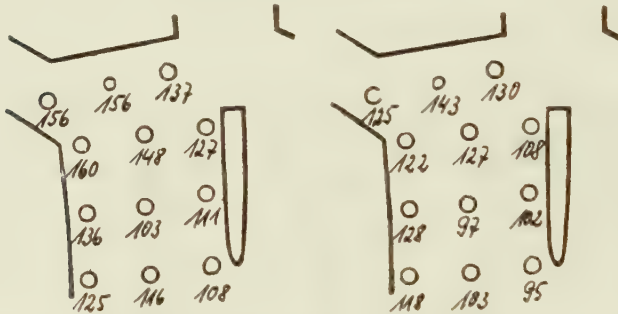


Abb.17f 100% der Dosis der Felder 1 und 2; 133% der Dosis des Feldes 3; 50% der Dosis des Feldes 4

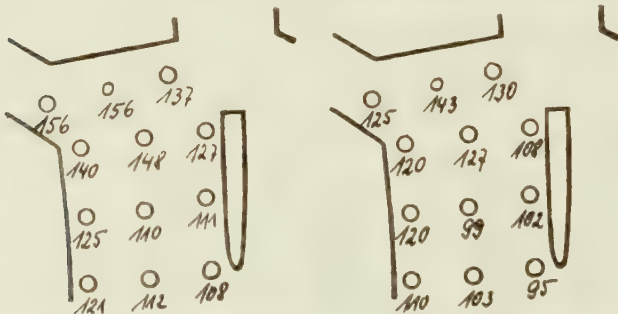


Abb.17g Gegenüber Abb.17f setzt hier das mediale Zangenfeld in Analogie zur Feldeinstellung VIb flacher an; Dosierung wie in Abb.17f

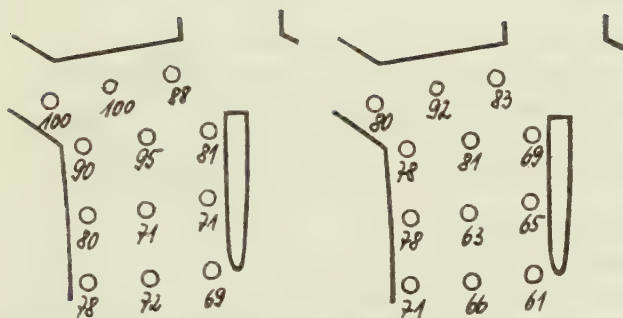


Abb. 17h nach Abb. 17g; Maximalwert 100%

In Abbildung 17e sind die Felder 1 - 4 addiert. Jedes Feld wurde mit 100 r Oberflächendosis bestrahlt. Dabei zeigt sich eine sehr starke Betonung der Axilla und der mittleren Axillarlinie. Weil dagegen die Dosierung in der Supraclaviculargrube zu gering ist, wurde in Abbildung 17f das vordere Direktfeld stärker und das hintere Axillarfild weniger bestrahlt. Dadurch können die Dosierungen in Axilla und Supraclaviculargrube einander angeglichen werden.

Die ungleiche Dosierung der mittleren Axillarlinie im Vergleich zur Parasternallinie beruht darauf, daß das mediale Zangenfeld an der Dosierung der mittleren Axillarlinie noch einen beträchtlichen Anteil hat (Abb. 17a). In Analogie zu den Feldeinstellungen VIb kann das Resultat durch einen flacheren Ansatz des medialen Zangenfeldes verbessert werden (Abb. 17g und 17h). Das dort Besprochene trifft auch hier zu.

VIII. Co⁶⁰-Pendelbestrahlung nach BECKER und KUTTIG⁴

Die Verwendung von 200 KV-Röntgenstrahlung bei der Pendelmethode hatte zu keinen günstigen Resultaten geführt. Erst die Co⁶⁰-Gammastrahlung erlaubt den Gebrauch dieser Methode, die von BECKER und KUTTIG als Routinemethode in die Bestrah-

lungspraxis übernommen wurde. Ihr Verfahren ähnelt dem von ROßMANN angegebenen.

Im Prinzip wird wieder um eine Achse gependelt, die im Körper auf der kranken Seite liegt und deren Entfernung sowohl zur Thoraxvorderwand als auch zur Thoraxseitenwand gleich groß ist. Zu dem Pendelfeld werden ein supraclaviculäres und ein axilläres Stehfeld (nach HOLFELDER) gegeben.

Feldeinstellung VIII (Abb. 18a - 18g)

Feld 1: Tangentiales Pendelfeld; Pendelmittelpunkt 2 cm dorsal vom halben Thoraxdurchmesser und 1,5 cm neben der Mitte auf der kranken Seite (Kunstharzphantom 31 x 22 cm); Pendelradius 65 cm; Pendelwinkel 20° - 180° ; Auslenkwinkel 10° = Pendeltiefe 11,5 cm; Feldbreite 4 x 14 cm.

Feld 2: Supraclavicularfeld; FHD 70 cm; Feldgröße 7 x 10 cm; Winkel zwischen Zentralstrahl und Körperachse 25° ; leichte Neigung des Zentralstrahles nach vorne (5°). (Einstellung wie bei Feldeinstellung VIa)

Feld 3: Axillarfild; FHD 70 cm; Feldgröße 8 x 10 cm; Zentralstrahl - Körperachse 35° ; Strahlengang von schräg vorne nach schräg hinten.

Nach Abbildung 18e wird die Thoraxwand im Bereich des Pendelfeldes gut durchstrahlt, wobei das Maximum in der Parasternallinie durchaus erwünscht ist, um die dort liegenden tiefen Lymphknoten ausreichend zu treffen. Auch die Bestrahlung der Axilla stellt keine Schwierigkeit dar, da die Dosis dieses

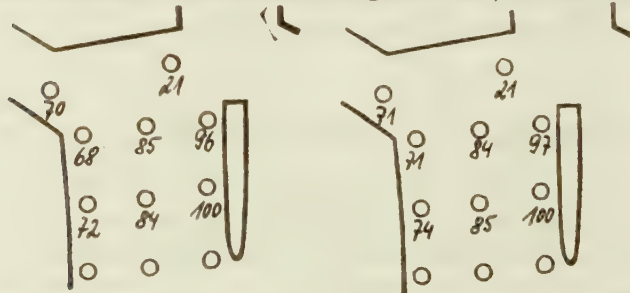


Abb. 18a tangentiales Pendelfeld

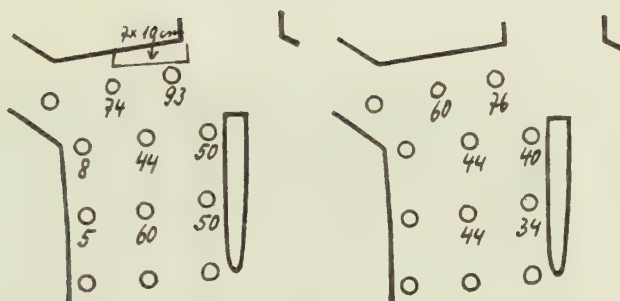


Abb. 18b Supraclavicularfeld

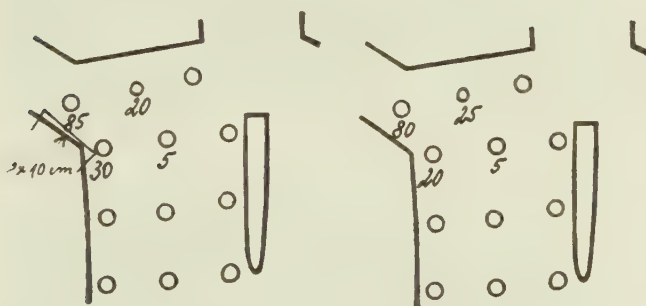


Abb. 18c Axillarfild

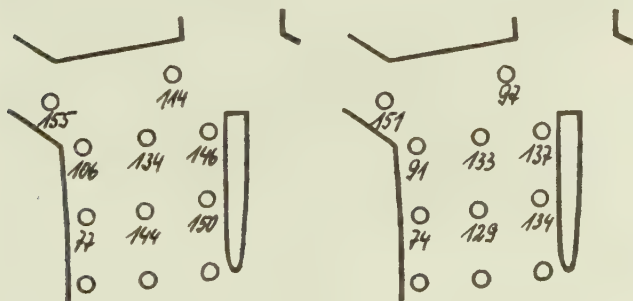


Abb. 18d alle drei Felder zusammen

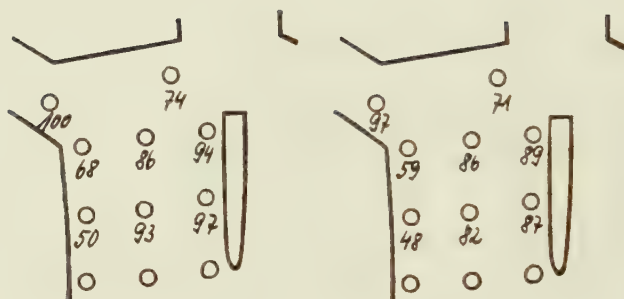


Abb.18e nach Abb.18d; Maximalwert 100%

Gebietes durch das Axillarfild leicht zu variieren ist. Problematisch bleibt indes der Übergang des tangentialen Pendelfeldes zum Supraclavicularfeld. Im Gegensatz zum Supraclavicularfeld, dessen Dosisabfall nach kaudal allmählich erfolgt, geschieht der Dosisabfall des Pendelfeldes nach kranial wegen der scharfen Feldbegrenzung sehr plötzlich. An dieser Stelle wird daher bei Verwendung des Holfelderschen Supraclavicularfeldes nie eine ausgeglichene Dosierung möglich sein. Hier wäre ein vorderes Direktfeld auf Axilla und Clavicularregion, wie FRISCHBIEER und KUTTIG (s.u.) es verwenden, vorzuziehen.

Die Abbildung 18f gibt einen Aufschluß über die Dosisverteilung im Thoraxquerschnitt nach Bestrahlung mit dem tangentialen Pendelfeld. Wie in Abbildung 16e wurde hier wieder ein Plexiglasphantom (34 x 22 cm) benutzt. Das Pendelfeld wird durch folgende Daten bestimmt: Pendelmittelpunkt 2 cm dorsal vom halben Thoraxdurchmesser, 4 cm neben der Mittellinie auf der kranken Seite; Pendelradius 65 cm; Pendelwinkel 20° - 180° ; Auslenkwinkel 9° ; Feldbreite 4 cm.

Die 80%-Isodose grenzt das direkt bestrahlte Gebiet von dem Bereich, der nur von Streustrahlung erreicht wird ab und stellt praktisch die Feldbegrenzung zur Tiefe hin dar. Die Thoraxwand wird von der hinteren Axillarlinie bis zum Rand des

Brustbeins gleichmäßig bestrahlt, wofür der parallele Verlauf der Isodosen spricht. Die Feldbreite von 4 cm erweist sich als ausreichend.

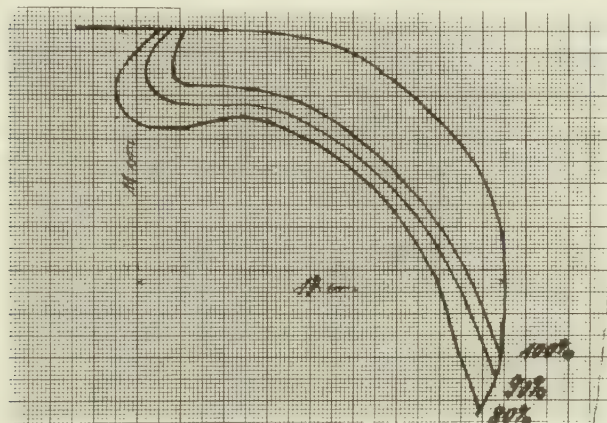


Abb. 18f Isodosenverlauf nach Bestrahlung mit dem tangentialen Pendelfeld - ohne Bleikeil

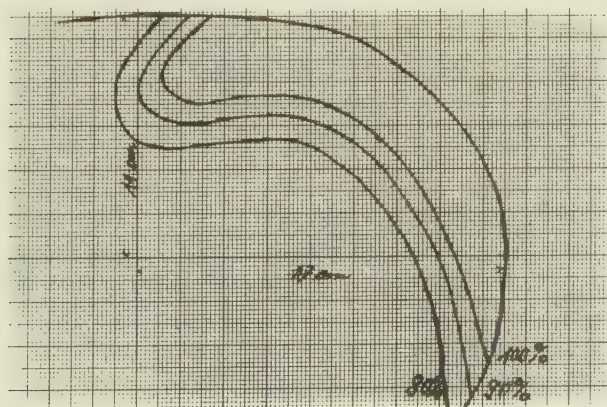


Abb. 18g Isodosen Kurvenverlauf nach Bestrahlung mit dem tangentialen Pendelfeld unter Verwendung eines Bleikeils mit der Steigung 10°

Um eine flachere Dosisabnahme zur Tiefe hin zu erreichen, kann ein Bleikeil in den Strahlengang eingelegt werden, der die laterale Strahlung mildert, so daß relativ mehr mediale Strahlung, die in die Tiefe dringt, den Thorax trifft (Abb. 18g). Allerdings wird hierdurch der Parasternalbereich noch mehr unterdosierte, da er von der lateralen Strahlung versorgt wurde. In Abb. 18g liegt die 80%-Isodose im Gegensatz zu Abb. 18f schon im Streustrahlbereich. Die Dosisleistung nimmt natürlich durch den Bleikeil, der einen Steigungswinkel von 10° aufweist, ab und muß wieder erhöht werden. Dadurch wird die Lungenbelastung stärker, so daß seine Verwendung keineswegs nur einen Vorteil bringt. Es bleibt daher die Frage, ob die beste Lösung nicht doch die Pendelbestrahlung ohne Bleikeil bleibt, wobei die Feldbreite so bemessen ist, daß der größte Dosisabfall im Pleurabereich liegt.

Die Dosierung des Parasternalbereiches ist besonders auf der gesunden Seite zu gering. Durch eine Vergrößerung des Pendelwinkels kann sie zwar erhöht werden, andererseits erhält dadurch aber die Lunge der gesunden Seite zu viel Strahlung. Daher stellt die Verwendung eines sternalen Stehfeldes (s.u.) eine Verbesserung dar.

IX. Pendelbestrahlung mit Co^{60} -Strahlung nach FRISCHBIER und KUTTIG¹¹

Das tangentielle Pendelfeld mit Bleikeil findet auch hier wieder Verwendung. Da der Parasternalbereich und das vordere Mediastinum aber von einem sternalen Stehfeld versorgt werden, setzt das Pendelfeld erst bei 40° , also weiter lateral an, wird aber um denselben Mittelpunkt gependelt wie das Pendelfeld nach BECKER und KUTTIG (Abb. 19a). Als Zusatzfelder werden ein vorderes Direktfeld auf Clavicularregion und Axilla (nach Mc WHIRTER) und ein direktes Axillarfeld (nach HOLFELDER) gegeben.

Feldeinstellung IX (Abb.19a - 19h)

Feld 1: Tangentiales Pendelfeld; Bleikeil 15° ; Pendelradius 65 cm; Pendelwinkel 40° - 190° ; Auslenkwinkel 10° = Pendeltiefe 11,5 cm; Feldbreite 6 cm; Pendelmittelpunkt 2 cm dorsal vom halben Thoraxdurchmesser und 1,5 cm neben der Mittellinie auf der kranken Seite (Phantom 31 x 22 cm).

Feld 2: Sternales Stehfeld von frontal mit Bleikeil (15°); Feldbreite 6 cm; FHD 70 cm; Mittelpunkt 1 cm neben der Mitte auf der kranken Seite.

Feld 3: Vorderes Direktfeld auf Clavicularregion und Axilla; Winkel zwischen Zentralstrahl und Körperachse 75° ; FHD 70 cm; Feldgröße 10 x 25 cm.

Feld 4: Direktes Axillarfeld; Winkel zwischen Zentralstrahl und Körperachse 35° ; Strahlengang von schräg vorne nach schräg hinten; FHD 70 cm; Feldgröße 8 x 10 cm.

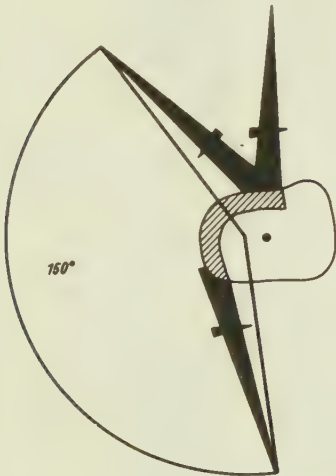


Abb.19a tangentiales
Pendelfeld und Sternal-
feld mit Bleikeilen
nach FRISCHBIER und
KUTTIG¹¹

Bei BECKER und KUTTIG (Methode VIII) wird die gesamte Thoraxwand vom Pendelfeld erfaßt. FRISCHBIER und KUTTIG (Methode IX) ersetzen den sternalen Anteil des Pendelfeldes durch ein sternales Stehfeld. Diese Maßnahme hat die Vorteile, daß die

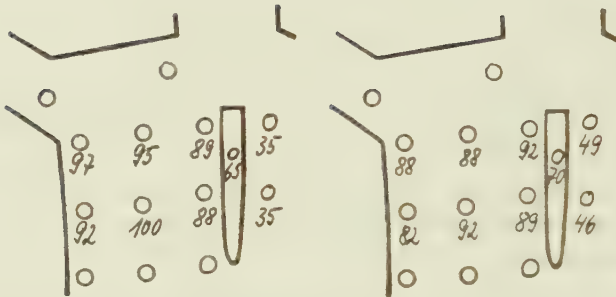


Abb. 19b tangentiales Pendelfeld

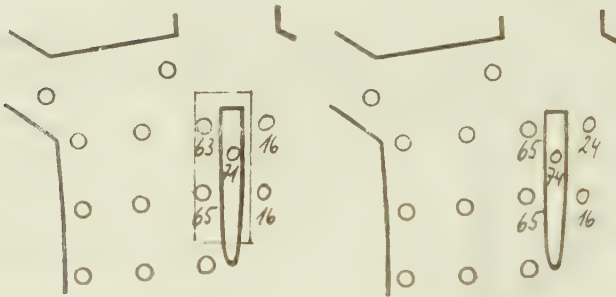


Abb. 19c sternales Stehfeld

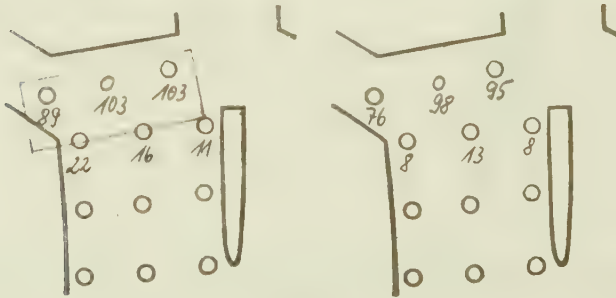


Abb. 19d vorderes Direktfeld

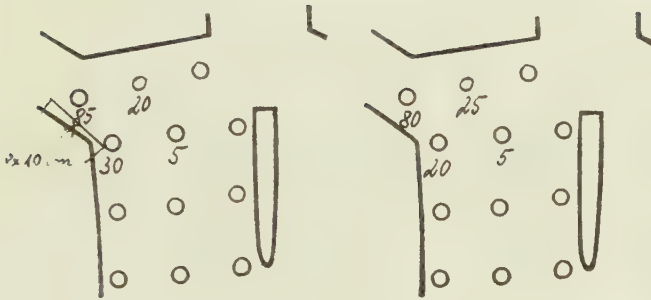


Abb.19e direktes Axillarfild

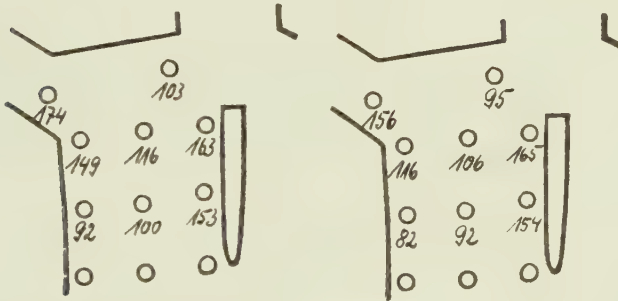


Abb.19f alle vier Felder zusammen

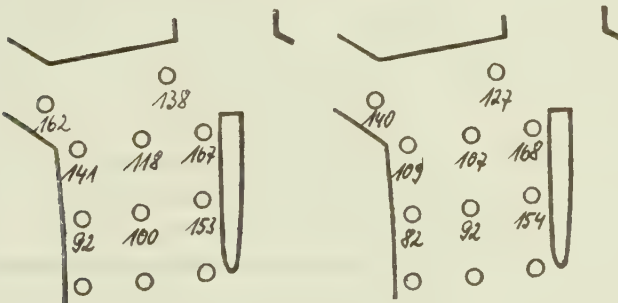


Abb.19g 100% der Dosis der Felder 1 und 2;
133% der Dosis des Feldes 3;
50% der Dosis des Feldes 4

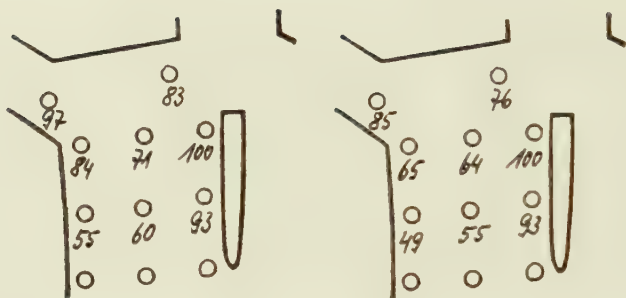


Abb.19h nach Abb.19g; Maximalwert 100%

Strahlung senkrecht in das Mediastinum eindringt und die Dosierung im Sternalbereich erhöht werden kann, ohne die übrige Thoraxwand und die Lunge der gesunden Seite mehr zu belasten. Ein Bleikeil beim sternalen Stehfeld ermöglicht dabei einen guten Übergang zum Pendelfeld.

Die Abb.19f zeigt die Summierung aller vier Felder. Wie schon bei Mc WHIRTER besprochen, besteht dabei ein zu großes Gefälle zwischen Axilla und Clavicularregion. Bei einem besseren Dosierungsverhältnis des vorderen Direktfeldes und des Axillarfeldes kann dieser Unterschied gebessert werden. Aus Abb.19g und 19h geht hervor, daß dann eine annähernd ideale Verteilung erreicht werden kann, bei der die Thoraxwand 100% und die drei großen Lymphknotengebiete je 150% Strahlung erhalten.

Die Verwendung des vorderen Direktfeldes anstelle eines von kranial angesetzten Supraclavicularfeldes bedeutet einen weiteren Vorteil. Sowohl das Pendelfeld als auch das vordere Direktfeld weisen an ihren zugewandten Kanten einen steilen Dosisabfall zur Peripherie hin auf und können daher ohne eine Dosischwankung aneinandergesetzt werden.

G. Zusammenfassung

Das Ziel dieser Arbeit ist der Vergleich verschiedener Bestrahlungsmethoden nach operiertem Mamma-Ca. Die Messungen werden durchgeführt an einem Oberkörperphantom aus Kunstharz, an dem an verschiedenen Stellen Meßzellen (Kondensatordosimeter) angebracht werden. Außerdem werden an einem Plexoglasphantom auf filmdosimetrischem Wege Isodosenkurven hergestellt. Der Vergleich der Strahlendosen in den einzelnen Meßpunkten wurde an Zeichnungen durchgeführt, in denen die Ortsdosis in Relation zum Dosismaximum eingetragen war.

Die bekannteste Methode ist die konventionelle Stehfelderbestrahlung nach HOLFELDER. Sie wurde von du Mesnil de ROCHEMONT variiert und ist als Marburger Methode der postoperativen Mammabestrahlung bekannt. Ihre Anwendung ist einfach, weil das gesamt Bestralungsgebiet mit drei Feldern erfaßt werden kann. Durch ein Auseinanderziehen der beiden Zangfelder konnte die Thoraxwand der kranken Seite gleichmäßig bestrahlt werden. Nachteilig blieb jedoch der Dosisabfall zur Tiefe hin, der besonders in den Lymphknotengebieten nicht hin- genommen werden kann, da es auch auf die Erfassung tiefer Lymphknoten ankommt.

Die Ergebnisse zeigen aber, daß es bei gleicher Felderwahl zwei Möglichkeiten gibt, diesen Nachteil auszugleichen. Einmal wurden die Lymphknotengebiete zusätzlich mit dem Betatron bestrahlt, wobei durch die günstigen Absorptionsverhältnisse der Elektronenstrahlung auch in der Tiefe eine genügende Dosierung erreicht werden konnte. Zum anderen verwandten wir bei gleicher tangentialer Felderwahl statt der 200 KV Röntgenstrahlung die Co^{60} - Bestrahlung, weil eine härtere Strahlung einen geringeren Tiefendosisabfall hat, und so die Lymphknoten eine ausreichende Dosis erhalten.

Eine sehr gute Dosisverteilung ergab die Anwendung der Methode von Mc WHIRTER mit 200 KV R $\ddot{o}$ -Strahlung. Zu den beiden tangentialen Zangenfeldern kommen hier ein vorderes Direktfeld auf Axilla und Supraclaviculargrube und ein hinteres direktes Axillarfeld als Zusatzfelder. Durch ein geeignetes Dosierungsverh $\ddot{a}$ ltnis der einzelnen Felder zueinander gelingt eine Dosisverteilung wie sie bei der Holfelderschen Methode erst durch die Elektronenzusatzfelder erreicht wird. Im Verh $\ddot{a}$ ltnis zur Thoraxwand erhalten die Lymphknotengebiete eine relativ h $\ddot{o}$ here Dosis, die auch in der Tiefe dieser Gebiete noch deutlich h $\ddot{o}$ her liegt.

Die Verwendung der h $\ddot{a}$ rteren Co⁶⁰- Strahlung bei der Feldereinstellung nach Mc WHIRTER ergab weitere Vorteile. Neben der geringeren Dosisabnahme in den Lymphknotengebieten konnte eine bessere Durchstrahlung des Narbenbereiches erzielt werden.

Zwei Methoden, die haupts $\ddot{a}$ chlich f $\ddot{u}$ r die pr $\ddot{a}$ operative Bestrahlung gedacht sind, wurden von HELLRIEGEL und EICHHORN angegeben. HELLRIEGEL verwendet zus $\ddot{a}$ tzlich zu den beiden Zangenfeldern ein tangentliches Parasternalfeld, das auf der kranken Seite ansetzt. EICHHORN setzt in die gr $\ddot{o}$ ßere Zange eine kleinere ein. Die Mamma bestrahlt er zus $\ddot{a}$ tzlich durch ein oberes und unteres Mammafeld tangential zur Thoraxwand. Bei postoperativer Bestrahlung w $\ddot{u}$ rden diese beiden Felder entfallen.

Mit beiden Methoden erreicht man eine befriedigende Dosierung der Lymphknotengebiete; das Narbengebiet bleibt aber haupts $\ddot{a}$ chlich in der Tiefe unterdosiert, so da ß diese Verfahren bei postoperativer Bestrahlung weniger geeignet sind als z.B. die Methode von Mc WHIRTER.

Die konventionelle R $\ddot{o}$ -Pendelbestrahlung nach ROßMANN hat sich in der Therapie nicht bew $\ddot{a}$ hrt. Die Ergebnisse zeigen, da ß die Strahlung f $\ddot{u}$ r dieses Verfahren zu weich ist. Die Thoraxwand kann nicht homogen durchstrahlt werden, da sie von der Kugelform oft betr $\ddot{a}$ chtlich, auch individuell verschieden,

abweicht. Diese Nachteile lassen sich aber wieder durch Verwendung der Co^{60} -Strahlung beheben wie BECKER und KUTTIG vorschlagen. Eine weitere Verbesserung dieser Methode wird durch den zusätzlichen Gebrauch eines sternalen Stehfeldes erreicht, wodurch man den Sternalbereich gesondert auffüllen kann.

Die Ergebnisse dieser Arbeit zeigen, daß es mehrere Bestrahlungsmethoden konventioneller Art (200 KV Röntgen-Strahlung) gibt, die aufgrund der Dosisverteilung einen guten therapeutischen Erfolg versprechen. Die Anwendung der Co^{60} -Bestrahlung bedeutet jedoch einen Fortschritt in der Mamma-Ca-Behandlung, weil hier die Gefahr der Unterdosierung einzelner Gebiete (Narbengebiet, tiefe Lymphknoten) wesentlich geringer ist.

H. Literatur

- 1) ANSCHÜTZ, H., u. J. HELLMANN: Die Röntgenbestrahlung des Mammakarzinoms, Münchn.Med.Wschr.1921,1005; u. Dtsch.Z.Chir.197 (1926): 47.
- 2) ARNAL, M.-L., F. GAUWERKY, F. HEINZEL u.H. MOHR: Tangentialrotation zur postoperativen Strahlenbehandlung des Brustkrebses; automatische Steuerung der Röhrenstromstärke zur Dosisregulierung. Str.-Ther.100 (1956): 366.
- 3) BAUER, K.H.: Das Krebsproblem, Berlin 1949, Klin.Wschr. 9/10 (1949): 159
- 4) BECKER, J., u. W. KUTTIG: Die tangentielle und schalenförmige Pendelbestrahlung mit Gamma-Strahlen des Kobalt⁶⁰. Str.-Ther.108 (1959): 17-22.
- 5) BERENDES, B.: Behandlungsarten und Überlebenszeiten der 6786 Kranken mit malignen Geschwülsten der Strahlenklinik und der Chirurgischen Klinik in den Jahren 1950 bis 1959. Diss.Marburg 1964.
- 6) BERVEN, E.: Behandlungsergebnisse beim Mammacarcinom. Str.-Ther.83 (1950): 413.
- 7) BOTTLER, E., u. E. LÖHR: Messungen des Isodosenverlaufes bei Kobalt-60-Pendelbestrahlung an einem Schädelphantom. Str.-Ther.115 (1961): 326.
- 8) CEELLEN, W.: Die pathologisch-anatomischen Grundlagen des Mamma-Ca besonders im Hinblick auf die Strahlenbehandlung. Str.-Ther.87 (1952): 7-23.
- 9) DIETHELM, L.: Zur Frage der Strahlenbehandlung beim operablen Mammacarcinom. Str.-Ther.83 (1950): 327.
- 10) EICHHORN, H.-J.: Über eine Schwerpunktverlagerung bei der Röntgenbestrahlung des Mamma-Ca und die Höhe der Herddosen in biologischem Maß. Str.-Ther.89 (1953): 517.

- 11) FRISCHBIER, H.-J., u. H. KUTTIG: Die Telekobalt-Therapie der Mammacarcinome. Str.-Ther.120 (1963): 512.
- 12) HALSTED, W.S.: Operation for Cancer of the Breast. Ann. Surg.20 (1894): 497.
- 13) HANDLEY, R.S., and THACKRAY: Invasion auf Internal Mammary Lymph Glands in Carcinoma of Breast. Brit.Jour. Cancer 1 (1947): 15.
- 14) HARE, H.F., J.G. TRUMP, and E.W. WEBSTER: Rotation Scanning oft Breast Malignancies with Supervoltage Radiation. The American Journal oft Roentgenologie 68 (1952): 435.
- 15) HELLRIEGEL, W.: Eine neue Bestrahlungstechnik der Brustkrebse. Str.-Ther.22 (1956): 489-501.
- 16) HEIDENHAIN, L.: Über die Ursachen der lokalen Krebsrezidive nach amputation mammae. Arch.klin.Chir.39 (1889): 97.
- 17) HOLFELDER, H.: Die Röntgentiefentherapie. Leipzig (1938): 213.
- 18) LÖHR, H.-H., M. SCHMIDT und K. SOLTH: Sonderband Strahlentherapie. 43 (1959): 37
- 19) LÖHR, E., G. KUNITSCH, u. G. HAGEMANN: Die Hochvolttherapie ausgedehnter Oberkiefer- und Orbitatumoren mit Kobalt-60 unter Verwendung einer filmdosimetrischen Methode. Sonderbd.z.Str.-Ther.62 (1966): 115.
- 20) MAUDERLI, GOULD u. LANE: Film Dosimetry of Cobalt-60 Radiation.amer.J.Roentgenol.83 (1960): 520.
- 21) MAURER, H.-J., I. ROOS, U. WEDEMEYER: Zur tangentialen Pendelbestrahlung beim Mamma-Ca. Str.-Ther.100 (1956): 324.
- 22) MEYER, H.: Zum heutigen Stand der Strahlentherapie des Brustkrebses Str.-Ther.87 (1952): 35.

- 23) OESER, H.: Strahlenbehandlung der Geschwülste. Wien-München (1954): 185-210.
- 24) OESER, H., u. A. ALBRECHT: Die Strahlenbehandlung des Mamma-Ca. Fortschr.Röntgenstr.101 (1964): 410.
- 25) ROCHEMONT de, R., v.HAASE, G. HAGEMANN u. D.RINGLEB: Telekobalt- oder Hochvoltbestrahlung der Uteruskrebse "Marburger Methode", Str.-Ther.118 (1962): 170.
- 26) ROCHEMONT de, R.: Lehrbuch der Strahlenheilkunde. Stuttgart (1958): 239.
- 27) ROBMANN, K.: Die tangentielle Pendelbestrahlung des Mamma-Ca. Fortschr.Röntgenstr.80 (1954): 366.
- 28) ROTTER, J.: Günstigere Dauererfolge durch ein verbessertes Operationsverfahren der Mammacarcinome. Berl.klin.Wschr.33 69 99 (1896)
- 29) STENDER, H.St.: Probleme der Strahlenbehandlung des Mamma-Carzinoms. Der Radiologe, 6.Jahrgang, Heft 1, Jan.1966, S.1-9.
- 30) STENDER, H.St., und G. HAGEMANN: Deutsch. Röntg. Kongreß 1964, B, Sonderband z. Str. - Ther.60 (1965): 169.
- 31) STOECKEL, W.: Lehrbuch der Gynäkologie. Leipzig (1960): 795.
- 32) WHIRTER Mc, R.: Cancer of the Breast. The Amer.J.Roentgenol.62 (1949): 338.

Lebenslauf

Am 9. Februar 1940 wurde ich, Gerd Hinderthür, als Sohn des Regierungsassessors Dipl. Ing. Ernst Hinderthür und seiner Ehefrau Dr. med. Gerda Hinderthür, geborene Hammer, in Berlin geboren. Nach kriegsbedingtem Umzug nach Obersdorf Krs. Siegen im Jahre 1943 besuchte ich von 1946 bis 1950 die Volksschule in Obersdorf und wechselte 1950 zum Städtischen Gymnasium Siegen. Dort bestand ich am 4. März 1959 mein Abitur. Im Sommersemester 1959 begann ich mein Medizinstudium an der Philipps-Universität zu Marburg/Lahn, wo ich am 4. Februar 1966 das Medizinische Staatsexamen bestand, nachdem ich alle vorklinischen und klinischen Semester in Marburg absolviert hatte. Seit Mai 1966 bin ich in Siegen als Medizinalassistent am Stadtkrankenhaus Siegen tätig.

Meine akademischen Lehrer waren die Marburger Professoren und Dozenten:

Beckmann, Bock, Braun-Falco, Buchholz, Bücher, Dimroth, Dölle, Eggstein, Exner, Gedigk, Hamm, Hartmann, Hensel, Hess, Heuser, Hildebrandt, Hornung, Huber, Jacob, Kessler, Lang, Linneweh, Löhr, Lübbers, Mahr, Martini, Mattes, du Mesnil de Rochemont, Maurath, Neubauer, Niessing, Nieth, Oehme, Oksche, Overbeck, Petry, Rodeck, Rohen, Sauer, Schleyer, Schmid, Schmitz, Schölmerich, Schwaiger, Seidel, Siegert, Siess, Stein, Stender, Straub, Streicher, Vogt, Walcher, Wendt und Würterle.

